ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อ เครื่องวัดคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงกุ้ง

Water Quality Instrument for Aquaculture

ชื่อนักศึกษา

1. นางสาวกัลยา	ปราบสงคราม	รหัสประจำตัว	43035284
2. นายไชยยะ	ธนพัฒน์ศิริ	รหัสประจำตัว	43035293
3. นายธนารักษ์	ราชเล็ก	รหัสประจำตัว	43035294
4. นายสายยนต์	ปิ่นใจ	รหัสประจำตัว	43035314

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต **สาขาวิชา** วิศวกรรมโทรคมนาคม

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์สุชิน อาจหาญ

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์		ลายมือชื่อ
1. อาจารย์ไพบูลย์	พวงวงศ์ตระกูล	.....
2. อาจารย์ปิยะ	ศุภวราสุวัฒน์	.....
3. อาจารย์สุระชัย	พิมพ์สาลี	.....
4. อาจารย์สุรพงษ์	สิริพงศ์ดี	.....
5. อาจารย์สุชิน	อาจหาญ	.....

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันอังคารที่ 30 เมษายน พ.ศ. 2545 เวลา 10.00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.315 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม.....

(ผศ.วิสุทธิ์ อธิพรธรรม)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่ 17 เดือน พ.ค. พ.ศ. 2545

<BT4401102>

เครื่องวัดคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงกุ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์

เครื่องวัดคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงกุ้ง

WATER QUALITY INSTRUMENT FOR AQUACULTURE

T043198

นางสาวกัลยา ปราบสงคราม
นายไชยยะ ธนพัฒน์ศิริ
นายธนารักษ์ ราชเล็ก
นายสายยนต์ ปิ่นใจ

ปม.
ก 341 ก
ร5ก2

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 43198
วัน, เดือน, ปี 26 ก.ค. 2545

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง เครื่องวัดคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงกุ้ง

Water Quality Instrument for Aquaculture

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของการวัดค่า pH ค่าอุณหภูมิ และค่าออกซิเจนละลายในน้ำโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์
2. เพื่อวิเคราะห์ ออกแบบวงจรการวัดค่า pH ค่าอุณหภูมิ และค่าออกซิเจนละลายในน้ำโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์
3. เพื่อสร้างวงจรเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงกุ้ง
4. เพื่อทดสอบการวัดค่าพารามิเตอร์ของน้ำด้วยเครื่องวัดคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงกุ้ง
5. เพื่อนำเครื่องวัดคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงกุ้งไปใช้งานได้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ความรู้ความเข้าใจหลักการทำงานของการวัดค่า pH ค่าอุณหภูมิ และค่าออกซิเจนละลายในน้ำโดยใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์
2. ได้วงจรการทำงานของการ วัดค่า pH ค่าอุณหภูมิ และค่าออกซิเจนละลายที่ในน้ำโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์
3. ได้เครื่องมือวัดคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงกุ้ง 1 เครื่อง
4. ได้ผลการทดสอบการวัดค่าพารามิเตอร์ของน้ำ
5. ได้นำเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงกุ้งไปใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	เครื่องวัดคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงกุ้ง
นักศึกษา	นางสาวกัลยา ปราบสงคราม
	นายไชยยะ ธนพัฒน์ศิริ
	นายธนารักษ์ ราชเล็ก
	นายสายยนต์ ปิ่นใจ
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์สุชิน อาจหาญ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม
ปีการศึกษา	2544

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ นำเสนอการศึกษาคุณสมบัติของน้ำ การออกแบบและสร้างเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงกุ้ง การใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มาทำเป็นเครื่องมือวัด ได้แก่ การวัดหาความเป็นกรดด่างโดยการใช้หัววัดอิเล็กโทรด การวัดหาอุณหภูมิของน้ำ และการวัดหาค่าออกซิเจน โดยการนำคุณสมบัติของน้ำมาทำการวิเคราะห์ และตัวเครื่องมือวัดสามารถแสดงคำวินิจฉัยที่ได้จากการวัดที่จอ LCD เพื่อใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของน้ำให้เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงกุ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Water Quality Instrument for Aquaculture
Students	Miss. Kanlaya Prabsongkram
	Mr. Chaiya Tanaphatsiri
	Mr. Tanarak Radchalak
	Mr. Saiyon Pinjai
Advisor	Mr. Suchin Adhan
Co-Advisor	Mr. Piya Supavarasuwat
Education Level	Bachelor of Science Industrial Education
Program in	Telecommunication Engineering
Academic Year	2001

ABSTRACT

This Thesis is presented to study the water characteristics. The water quality instrument designed and invented for aquaculture. Using electronic equipment for instrument . such as acidity as alkaline measurement. temperature measurement and dissolved oxygen measurement. The water characteristic such as acidity as alkaline. oxygen and temperature. Analysising the water characteristic by using instrument and show a measuremented value by LCD display. The measuremented value useful for development a good water quality for aquaculture.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากความร่วมมือของสมาชิกภายในกลุ่มทุกท่านและความอนุเคราะห์ของอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ทั้งสองท่านคือ อาจารย์สุชิน อาจหาญ และอาจารย์ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์ ที่คอยให้คำปรึกษาในการทำโครงงานมาตลอด รวมทั้งอาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ต่างๆ ข้อเสนอแนะ และแนวทางในการแก้ไขปัญหาต่างๆ และให้การสนับสนุนด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณเพื่อนร่วมงานทุกคนที่ได้ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี ขอบคุณเพื่อนๆ สมาชิกในสาขาวิศวกรรมโทรคมนาคมทุกท่าน ขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา และคณาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกท่าน และที่สำคัญขอขอบพระคุณบิดามารดาที่ได้ให้การสนับสนุนด้านการศึกษา และเป็นผู้ให้กำลังใจด้วยดีตลอดมา ตลอดจนท่านผู้มีอุปการะทุกท่านที่ได้ทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จไปด้วยดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญรูป	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญของปริญญานิพนธ์	1
1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน	2
1.3 เนื้อหาโดยสังเขป	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	4
2.1 คุณภาพของน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง	4
2.1.1 อุณหภูมิ	4
2.1.2 ออกซิเจน	4
2.1.3 ความเค็ม	4
2.1.4 ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ	5
2.1.5 ไฮโดรเจนซัลไฟด์	5
2.1.6 ธาตุอาหารในน้ำ	5
2.1.7 แอมโมเนียในนากุ้ง	5
2.1.8 ความขุ่นใสของน้ำ	5
2.2 ปัญหาที่เกิดกับคุณภาพน้ำในการเพาะเลี้ยงกุ้ง	6
2.2.1 การขาดออกซิเจนในน้ำ	6
2.2.2 อุณหภูมิของน้ำ	7
2.2.3 ความเค็มของน้ำ	7
2.2.4 การเปลี่ยนแปลง pH ของน้ำ	8
2.2.5 น้ำเป็นกรด	8
2.2.6 ความเป็นพิษของสารประกอบไนโตรเจน	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.2.7 ความเป็นพิษของคาร์บอนไดออกไซด์	9
2.3 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ	10
2.3.1 ความเป็นกรด-เบส	10
2.3.2 การวิเคราะห์ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ	15
2.3.3 การวิเคราะห์อุณหภูมิ	17
2.4 หลักการทำงานของเซนเซอร์	19
2.4.1 ไอซี DS1820	19
2.4.2 อาร์ทีดี	20
2.4.3 โครงสร้างของอาร์ทีดี	21
2.4.4 เทอร์มิสเตอร์	23
2.4.5 หัววัด pH	26
2.5 การวัด	27
2.5.1 องค์ประกอบการวัดเบื้องต้น	28
2.5.2 รูปแบบของการวัดในทางปฏิบัติ	30
2.5.3 ชนิดและวิธีการวัด	31
2.5.4 ระบบการวัดโดยทั่วๆ ไป	31
2.6 การปรับเทียบ	32
2.6.1 ความถี่ในการปรับเทียบ	32
2.6.2 ช่วงระยะเวลาในการปรับเทียบ	33
2.6.3 กรณีต้องการกำหนดระยะเวลาในการปรับเทียบเอง	33
2.6.4 การปรับเทียบโดยอาศัยเครื่องมือที่ปรับเทียบ	33
2.6.5 การปรับเทียบโดยอาศัยเครื่องมือที่ปรับเทียบ	34
2.6.6 ความสำคัญของการปรับเทียบ	34
2.6.7 การจำลอง สัญญาณที่ใช้ในการปรับเทียบเครื่องมือวัด	35
2.6.8 เงื่อนไขของการปรับเทียบ	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.6.9 ความแม่นยำและความถูกต้องในการปรับเทียบ	36
2.7 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS 51	42
2.7.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS 51	42
2.7.2 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS 51	43
2.8 บอร์ด TLCD-164	45
2.8.1คุณสมบัติของบอร์ด	45
2.8.2 ชุดคำสั่งการควบคุม	46
2.8.3 การควบคุมผ่านทาง 3 BIT SERIAL	47
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน	48
3.1 คุณสมบัติ และการทำงานของเครื่องวัดคุณภาพน้ำ	48
3.1.1 การทำงานและผังการทำงาน	48
3.2 การทำงานของเซนเซอร์	49
3.2.1 หัววัดค่า pH	49
3.2.2 ไอซีตรวจจับอุณหภูมิ DS1820	49
3.2.3 เซนเซอร์ออกซิเจน	51
3.3 วงจรอิเล็กทรอนิกส์	51
3.3.1 วงจรสวิตช์	51
3.3.2 วงจรขยายสัญญาณการวัด	52
3.3.3 วงจรตรวจจับระดับแรงดัน และประจุแบตเตอรี่	55
3.3.4 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล	57
3.3.5 วงจรภาคจ่ายไฟ	58
3.3.6 วงจรควบคุมการทำงาน	59
3.4 โปรแกรมประมวลผล	60
3.4.1 โปรแกรมการตรวจวัดค่า pH	60
3.4.2 โปรแกรมตรวจจับอุณหภูมิ	61
3.4.3 โปรแกรมการตรวจจับค่าออกซิเจน	62
3.4.4 โปรแกรมการเลือกสวิตช์ใช้งาน	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.4.5 โปรแกรมการตรวจสอบแรงดันและประจุของแบตเตอรี่	64
3.4.6 โปรแกรมการเปรียบเทียบวินิจฉัยข้อมูล	65
บทที่ 4 การทดลอง และผลการทดลอง	67
4.1 บทนำ	67
4.2 การทดลองวงจรตรวจจับอุณหภูมิ	67
4.2.1 ลำดับขั้นการทดลอง	67
4.2.2 ผลการทดลอง	68
4.3 การทดสอบวงจรวัดค่า pH	69
4.3.1 ลำดับขั้นการทดลอง	69
4.3.2 ผลการทดลอง	70
4.4 การทดสอบวงจรวัดค่าออกซิเจน	70
4.4.1 ลำดับขั้นการทดลอง	70
4.4.2 ผลการทดลอง	71
4.5 รูปภาพการทดลอง	72
บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และการพัฒนา	77
5.1 บทสรุป	77
5.2 ปัญหา และแนวทางแก้ไข	78
5.3 แนวทางการพัฒนา	79
ภาคผนวก ก รูปแบบปริญญานิพนธ์	80
ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์	83
ภาคผนวก ค โปรแกรมการทำงาน	92
ภาคผนวก ง คำแนะนำการใช้งานเครื่อง	118
ภาคผนวก จ รายการอุปกรณ์	126
ภาคผนวก ฉ รายละเอียด และคุณสมบัติของอุปกรณ์	130
ภาคผนวก ช ตารางการวิเคราะห์ และประเมินผลรวม	147
บรรณานุกรม	150
ประวัติผู้แต่ง	151

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของกรด-เบส อินดิเคเตอร์	12
ตารางที่ 2.2 ค่าออกซิเจนละลายในน้ำที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ	15
ตารางที่ 2.3 ค่าของ Rang, Span, Gain	39
ตารางที่ 2.4 ชุดคำสั่งการควบคุม	47
ตารางที่ 3.1 วงจรตรวจสอบระดับแรงดัน และประจุแบตเตอรี่	56
ตารางที่ 4.1 การวัดค่าอุณหภูมิ	68
ตารางที่ 4.2 การวัดค่าความเป็นกรด - ด่าง	70
ตารางที่ 4.3 การวัดค่าออกซิเจน	71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป	หน้า
รูปที่ 2.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานและอุณหภูมิ	20
รูปที่ 2.2 โครงสร้างและการติดตั้งใช้งาน อาร์ทีดี	22
รูปที่ 2.3 ตัวอย่างเทอร์มิสเตอร์ในรูปแบบต่างๆ	23
รูปที่ 2.4 กราฟคุณสมบัติของเทอร์มิสเตอร์เปรียบเทียบกับอาร์ทีดี	24
รูปที่ 2.5 กราฟคุณลักษณะกระแสกับเวลาของทรานสมิสเตอร์	25
รูปที่2.6 หัววัดค่า pH Typical Glass Measuring Electrode	26
รูปที่ 2.7 กราฟความสัมพันธ์ของค่า pH กับแรงดันไฟฟ้า	27
รูปที่ 2.8 หลักการวัด	28
รูปที่ 2.9 องค์ประกอบการวัด	28
รูปที่ 2.10 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการวัดกับค่าที่อ่านได้	29
รูปที่ 2.11 การวัดเพื่อการควบคุม	30
รูปที่ 2.12 ระบบการวัดทั่วไป	31
รูปที่ 2.13 การนำทรานสมิสเตอร์วัดความดันในแทงค์	36
รูปที่ 2.14 การทำงานของเครื่องมือวัดที่นำมาปรับเทียบ	40
รูปที่ 2.15 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช ในอนุกรม AT89CXX	43
รูปที่ 3.1 แผนผังของวงจรเครื่องวัดคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงกุ้ง	48
รูปที่ 3.2 หัววัดค่า pH รุ่น PE-03	49
รูปที่ 3.3 ตัวเซนเซอร์ไอซี DS1820	50
รูปที่ 3.4 เซนเซอร์ออกซิเจน	51
รูปที่ 3.5 วงจรสวิตช์	52
รูปที่ 3.6 วงจร Non - Inverting Amplifier	52
รูปที่ 3.7 วงจร Second–order low pass filter	53
รูปที่ 3.8 วงจร Inverting Amplifier	53
รูปที่ 3.9 วงจร Inverting Summing Amplifier	54
รูปที่ 3.10 วงจรขยายสัญญาณการวัด	54
รูปที่ 3.11 วงจรตรวจสอบระดับแรงดันและประจุแบตเตอรี่	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 3.12 วงจรการแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล	57
รูปที่ 3.13 วงจรภาคจ่ายไฟ	58
รูปที่ 3.14 วงจรควบคุมการทำงาน	59
รูปที่ 3.15 ผังงานของโปรแกรมการตรวจจับค่า pH	60
รูปที่ 3.16 ผังงานของโปรแกรมตรวจจับอุณหภูมิ	61
รูปที่ 3.17 ผังงานของโปรแกรมการตรวจจับค่าออกซิเจน	62
รูปที่ 3.18 ผังงานของโปรแกรมการเลือกฟังก์ชั่นสวิตช์ใช้งาน	63
รูปที่ 3.19 ผังงานของโปรแกรมการตรวจสอบแรงดันและประจุของแบตเตอรี่	64
รูปที่ 3.20 ผังงานของโปรแกรมการเลือกสวิตช์ใช้งาน	66
รูปที่ 4.1 หน้าจอแสดงผลเมื่อเปิดเครื่อง	67
รูปที่ 4.2 หน้าจอแสดงผลเมื่อกดปุ่ม T	68
รูปที่ 4.3 หน้าจอแสดงผลเมื่อเปิดเครื่อง	69
รูปที่ 4.4 หน้าจอแสดงผลเมื่อกดปุ่ม P	69
รูปที่ 4.5 หน้าจอแสดงผลเมื่อเปิดเครื่อง	70
รูปที่ 4.6 หน้าจอแสดงผลเมื่อกดปุ่ม D	71
รูปที่ 4.7 สถานที่ทดลอง	72
รูปที่ 4.8 แหล่งน้ำที่ใช้ในการทดลอง	72
รูปที่ 4.9 เครื่องมือที่ใช้ในการปรับเทียบค่าออกซิเจน และอุณหภูมิ	73
รูปที่ 4.10 ตัวอย่างน้ำที่ใช้ในการทดสอบ	73
รูปที่ 4.11 การทดลองวัดค่าความเป็นกรด – ด่าง	74
รูปที่ 4.12 การทดลองวัดค่าอุณหภูมิในน้ำเย็น	74
รูปที่ 4.13 การทดลองวัดค่าอุณหภูมิในน้ำร้อน	75
รูปที่ 4.14 การทดลองวัดค่าออกซิเจน	75
รูปที่ 4.15 หน้าจอแสดงผลการประเมินผลรวม	76
รูปที่ ก.1 ลักษณะเครื่องด้านข้าง	81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ ก.2 ลักษณะเครื่องเมื่อต่อกับเซนเซอร์	81
รูปที่ ก.3 ลักษณะการจัดวางตำแหน่งแผ่นวงจรพิมพ์ด้านในเครื่อง	82
รูปที่ ข.1 วงจรขยาย	84
รูปที่ ข.2 วงจรสวิตช์เลือกฟังก์ชั่น	84
รูปที่ ข.3 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล	85
รูปที่ ข.4 วงจรตรวจสอบระดับแรงดัน และประจุของแบตเตอรี่	85
รูปที่ ข.5 วงจรภาคจ่ายไฟ	86
รูปที่ ข.6 วงจรควบคุมการทำงาน	86
รูปที่ ข.7 ลายวงจรขยายสัญญาณ (ด้านบน)	87
รูปที่ ข.8 ลายวงจรขยายสัญญาณ (ด้านล่าง)	87
รูปที่ ข.9 การวางอุปกรณ์ของวงจรขยายสัญญาณ	88
รูปที่ ข.10 ลายวงจรควบคุมการทำงาน (ด้านบน)	88
รูปที่ ข.11 ลายวงจรควบคุมการทำงาน (ด้านล่าง)	89
รูปที่ ข.12 การวางอุปกรณ์ของวงจรควบคุมการทำงาน	89
รูปที่ ข.13 ลายวงจรภาคจ่ายไฟ	90
รูปที่ ข.14 การวางอุปกรณ์ของวงจรภาคจ่ายไฟ	90
รูปที่ ข.15 ลายวงจรสวิตช์กดปุ่ม	90
รูปที่ ข.16 การวางอุปกรณ์ของวงจรสวิตช์กดปุ่ม	91
รูปที่ ค.1 โปรแกรมการทำงาน	117
รูปที่ ง.1 ส่วนประกอบของเครื่องวัดคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงกุ้ง	120
รูปที่ ง.2 หน้าจอแสดงผล LCD	121
รูปที่ ง.3 หน้าจอแสดงผลแบบต่างๆ	121
รูปที่ ง.4 หน้าจอแสดงสถานะของแบตเตอรี่	122
รูปที่ ง.5 หน้าจอแสดงสถานะเมื่อกดปุ่ม ON/OFF	122
รูปที่ ง.6 หน้าจอแสดงสถานะเมื่อกดปุ่ม T	123

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ ง.7 หน้าจอแสดงสถานะเมื่อกดปุ่ม ON/OFF	123
รูปที่ ง.8 หน้าจอแสดงสถานะเมื่อกดปุ่ม P	123
รูปที่ ง.9 หน้าจอแสดงสถานะเมื่อกดปุ่ม ON/OFF	124
รูปที่ ง.10 หน้าจอแสดงสถานะเมื่อกดปุ่ม D	124
รูปที่ ง.11 หน้าจอแสดงสถานะเมื่อกดปุ่ม ON/OFF	125
รูปที่ ง.12 หน้าจอแสดงสถานะเมื่อกดปุ่ม E	125

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญของปริญญานิพนธ์

ปัจจุบันประเทศไทยสามารถเพาะเลี้ยงกุ้งได้ผลผลิตสูงมาก สามารถส่งเป็นสินค้าออกนำรายได้เข้าประเทศมากเป็นอันดับหนึ่งในบรรดาสินค้าสัตว์น้ำ เนื่องจากกุ้งที่เลี้ยงนั้นมีคุณภาพ การที่จะได้กุ้งมีคุณภาพนั้นขึ้นอยู่กับวิธีการเลี้ยง และคุณภาพน้ำที่ใช้เลี้ยง ซึ่งคุณภาพของน้ำเป็นสิ่งจำเป็นเป็นหัวใจหลักของการเลี้ยงกุ้ง เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการเจริญเติบโต การเกิดโรคและปรสิต ดังนั้นการเลี้ยงกุ้งเพื่อให้มีประสิทธิภาพการผลิตสูงนั้นควรคำนึงถึงการจัดการให้น้ำในบ่อมีคุณภาพดี และมีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของกุ้งเป็นสำคัญ คุณภาพของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งนั้นมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของน้ำในบ่อกุ้ง คุณภาพของน้ำที่ดีประกอบด้วยค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ค่าพีเอชของน้ำ และอุณหภูมิของน้ำ หากเกษตรกรสามารถควบคุมค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ได้ก็จะทำให้กุ้งที่เลี้ยงมีคุณภาพมากยิ่งขึ้น ดังนั้นเกษตรกรจำเป็นต้องมีเครื่องมือที่ได้มาตรฐานมาทำการวัดเพื่อตรวจสอบหาค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ แต่จะเห็นได้ว่าเกษตรกรของไทยยังขาดแคลนเครื่องมือที่ใช้วัดค่าพารามิเตอร์ดังกล่าว ต้องสั่งซื้อเครื่องมือและอุปกรณ์จากต่างประเทศซึ่งจะมีราคาแพงมาก และเครื่องมือที่วัดค่าแต่ละค่ายังแยกชนิดกันอยู่ หรือไม่ต้องนำน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งไปตรวจสอบที่ศูนย์วิจัย ซึ่งจะทำให้เสียเวลามาก และสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย บางครั้งกว่าจะรู้ผลการวิจัยอาจทำให้เกิดผลกระทบที่เสียหายต่อกุ้งที่เลี้ยงได้

การวัดค่าพารามิเตอร์ของน้ำแบบเดิมเกษตรกรใช้เครื่องมือวัดคุณภาพน้ำที่แยกชนิดตามการใช้งานเช่น เครื่องวัดค่าพีเอช เครื่องวัดค่าออกซิเจนและเครื่องวัดอุณหภูมิ เครื่องมือที่ใช้อยู่เดิมจะแสดงผลได้เฉพาะปริมาณค่าตัวเลข ไม่สามารถวิเคราะห์ผลคุณภาพน้ำได้โดยตรงดังนั้นเกษตรกรต้องนำค่าที่วัดได้ไปเทียบกับเอกสารของมาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงกุ้ง วิธีการวัดเป็นดังนี้คือ

1) ค่าพีเอชสามารถวัดได้โดยใช้กระดาษวัดค่าพีเอชแต่จะยุ่งยาก และค่าที่ได้ไม่แม่นยำ อีกวิธีหนึ่งคือวัดจากความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของปริมาณไฮโดรเจนไอออนในสารละลายและถูกเปลี่ยนโดยมาตรวัดความเป็นกรด-เบสส่วนใหญ่จะมีอยู่ที่ศูนย์วิจัย เพราะมีราคาแพง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ค่าอุณหภูมิ ใช้เทอร์โมมิเตอร์ในการวัด

3) ค่าออกซิเจน เกษตรกรจะต้องนำตัวอย่างน้ำในบ่อไปตรวจสอบที่ศูนย์วิจัยซึ่งจะวิเคราะห์โดยการใช้ไทเทรตตามวิธีวิงค์เลอร์เป็นวิธีการทางเคมีจะมีความยุ่งยากในการวัด

สำหรับการทำโครงงานนี้ ได้นำเสนอการสร้างเครื่องมือที่ใช้การวิเคราะห์คุณภาพของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง ซึ่งมีราคาถูกกว่าเครื่องมือวัดที่มาจากต่างประเทศ เครื่องมือดังกล่าวมีการประมวลผลและแสดงผลอยู่ในตัวเดียวกัน ซึ่งจะช่วยให้ประหยัดเวลาในการตรวจสอบคุณภาพน้ำ สามารถวัดพารามิเตอร์ต่างๆ ได้ค่าที่รวดเร็วและช่วยให้เกษตรกรสามารถแก้ปัญหาได้ทันท่วงที ที่สำคัญเมื่อเกษตรกรมีเครื่องมือประจำตัวก็สามารถที่จะทำการตรวจสอบคุณภาพน้ำได้ทุกระยะ ปัญหาที่จะเกิดขึ้นมีน้อยมาก

1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน

โครงงานนี้มีขีดความสามารถดังนี้

1) สามารถวัดค่าออกซิเจนในน้ำได้จาก 0-20 มิลลิกรัมต่อลิตร

2) สามารถวัดค่าพีเอชของน้ำได้จาก 0-14 pH

3) สามารถวัดค่าอุณหภูมิของน้ำได้ 0-100 องศาเซลเซียส และ 32-212 องศาฟาเรนไฮต์

4) แสดงผลทาง LCD

5) แสดงสถานะของแบตเตอรี่

6) สามารถปิดเครื่องอัตโนมัติ เมื่อเปิดทิ้งไว้ไม่ได้ใช้งาน

7) สามารถพกพาไปใช้งานได้สะดวก เครื่องมือมีขนาดประมาณ 15 x 21 x 7.6 เซนติเมตร

1.3 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาโดยสังเขปของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็นบทต่างๆ เพื่อสะดวกต่อการศึกษาและทำความเข้าใจ ในแต่ละบทจะประกอบด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการประกอบด้วยเนื้อหาดังนี้ คือ คุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง ปัญหาคุณภาพน้ำและแนวทางแก้ไขปัญหา วิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ หลักการทำงานของเซนเซอร์ การวัดและเครื่องมือวัด ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 หลักการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล หลักการของจอแสดงผล LCD

บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน กล่าวถึงเนื้อหาเกี่ยวกับ ผังการทำงานของเครื่อง โปรแกรมการใช้งาน การออกแบบวงจรขยายสัญญาณ วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณดิจิตอล วงจรภาคจ่ายไฟ วงจรตรวจสอบระดับแรงดันและประจุของแบตเตอรี่ วงจรสวิตช์ และวงจรปิดเครื่องอัตโนมัติ

บทที่ 4 การทดลอง และผลการทดลอง ประกอบด้วย การทดลองใช้งานวงจรต่างๆ และการทดสอบวัดค่าคุณสมบัติของน้ำโดยเครื่องวัดคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงกุ้ง

บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และการพัฒนา กล่าวถึงบทสรุป และข้อเสนอแนะต่างๆ ซึ่งเป็นการสรุปประสิทธิภาพการทำงานการใช้งานของเครื่องวัดคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงกุ้ง พร้อมทั้ง กล่าวถึงปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำโครงงาน รวมถึงวิธีการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ยังได้เสนอแนวทางการพัฒนานำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างกว้างขวางและปรับปรุงให้มีประสิทธิ์ภาพดียิ่งขึ้น

ภาคผนวก ก ลักษณะเครื่องวัดคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงกุ้ง

ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

ภาคผนวก ค ผังการทำงานและโปรแกรม

ภาคผนวก ง คู่มือการใช้งาน

ภาคผนวก จ รายการอุปกรณ์

ภาคผนวก ฉ รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์

ภาคผนวก ช ตารางเปรียบเทียบการวิเคราะห์ผลรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 คุณภาพของน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง

2.1.1 อุณหภูมิ

กุ้งต้องการอุณหภูมิสำหรับการเจริญเติบโตในระหว่าง 25-30 องศาเซลเซียส ในช่วงอุณหภูมินี้ลูกกุ้งจะลอกคราบและโตเร็วเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ถ้ามีอุณหภูมิต่ำกว่า 24 องศาเซลเซียสลูกกุ้งจะเจริญเติบโตช้าอุณหภูมิที่สูงกว่า 33 องศาเซลเซียสมักจะทำให้ลูกกุ้งตาย การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยทันทีอาจทำให้กุ้งช็อคและตายได้ ถึงแม้จะมีการเปลี่ยนแปลงเพียงแค่ 1 องศาเซลเซียสบางครั้งก็อาจทำให้เกิดปัญหาได้

2.1.2 ออกซิเจน

ออกซิเจนในน้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่จะช่วยให้น้ำในนากุ้งมีสภาพดี นอกจากกุ้งจะใช้ก๊าซออกซิเจนเพื่อการหายใจโดยตรงแล้ว ก๊าซออกซิเจนยังช่วยในการย่อยสลายของเศษอาหารและสิ่งขับถ่ายต่างๆ ในนากุ้งด้วย ออกซิเจนในบ่อได้มาจากบรรยากาศและขบวนการสังเคราะห์แสงของพืช ตัวการอื่นๆ เช่น ลม หรือพายุก็มีส่วนทำให้ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนแปลงออกซิเจนในน้ำกับบรรยากาศมีประสิทธิภาพสูงขึ้น และการใช้เครื่องตีน้ำก็มีส่วนช่วยเพิ่มปริมาณออกซิเจนในน้ำด้วยปริมาณของออกซิเจนที่ละลายในน้ำนี้มีความสำคัญต่อชีวิตและความเป็นอยู่ของกุ้งโดยทั่วไปกุ้งต้องการปริมาณออกซิเจนในน้ำไม่น้อยกว่า 3-5 มิลลิกรัมต่อลิตร กุ้งขนาดเล็กต้องการออกซิเจนสูงกว่ากุ้งขนาดใหญ่ และกุ้งจะใช้ออกซิเจนสูงกว่าปกติในระยะที่มีการลอกคราบ กุ้งจะไม่กินอาหารถ้าน้ำในบ่อมีออกซิเจนต่ำกว่า 3 มิลลิกรัมต่อน้ำ 1 ลิตร นอกจากนี้ถ้าปริมาณออกซิเจนต่ำกุ้งจะเบื่ออาหารและลดการเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อส่วนหางจะเป็นสีขาว เพราะกล้ามเนื้อส่วนนั้นสลายตัว ถ้าไม่แก้ไขกุ้งจะตาย แต่ถ้านำกุ้งที่ป่วยไปเลี้ยงในน้ำที่มีปริมาณออกซิเจนสูงกุ้งอาจจะหายได้เป็นปกติภายในเวลา 24 ชั่วโมง ปริมาณของออกซิเจนจะมีมากในระหว่างเวลา 12.00-24.00 น. แต่ในเวลากลางคืนหลังจาก 24.00 น. ไปแล้ว ปริมาณของออกซิเจนที่มีอยู่ในน้ำจะต่ำสุด

2.1.3 ความเค็ม

ความเค็มที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 10-20 ส่วนในพัน ปกติในโรงเพาะจะใช้ความเค็มประมาณ 12 ส่วนในพัน การอนุบาลลูกกุ้งพยายามอย่าให้มีการเปลี่ยนแปลงความเค็มขึ้นลงมากๆ ในทันทีทันใด เพราะอาจเป็นอันตรายต่อลูกกุ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ

ความเป็นกรดเป็นด่างหรือค่าพีเอชมีค่าอยู่ระหว่าง 0-14 ถ้าพีเอชเท่ากับ 7 ก็เสดงว่าน้ำนั้นเป็นกลางหากต่ำกว่า 7 ก็เป็นด่าง ระดับพีเอชของน้ำผันแปรตามระดับพีเอชของดินบริเวณนั้น ถ้าดินมีสภาพความเป็นกรด น้ำก็มีสภาพความเป็นกรดตามไปด้วยโดยทั่วไปพีเอชในนากุ้งจะมีค่าระหว่าง 7.5-8.5 pH ซึ่งเป็นระดับพีเอชของน้ำทะเลทั่วไป และเหมาะสำหรับการเจริญเติบโตของกุ้ง

2.1.5 ไฮโดรเจนซัลไฟด์

เป็นก๊าซที่เกิดขึ้นในนากุ้ง ถ้าหากว่าปริมาณออกซิเจนในน้ำหมดไป โดยมีแบคทีเรียบางชนิดเป็นตัวกลางดึงเอาออกซิเจนไปใช้ และทำให้เกิดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในที่สุด ก๊าซนี้สังเกตได้ง่ายเพราะมีกลิ่นเหมือนไข่เน่า เกิดจากการทับถมของมูลสัตว์น้ำและเศษอาหารที่เหลือตามพื้นบ่อ หากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์มีมากเกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตรแล้วจะเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ ทำให้กุ้งเสียการทรงตัว กุ้งจะเป็นอัมพาตตาย

2.1.6 ธาตุอาหารในน้ำ

ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และพวกซิลิกา ซึ่งทำหน้าที่เหมือนปุ๋ยที่เราใช้ใส่บำรุงต้นไม้ต่างๆ บนพื้นดิน สำหรับในน้ำนั้นพวกธาตุอาหารเหล่านี้จะเป็นตัวเร่งให้แพลงค์ตอนต่างๆ ขยายพันธุ์ได้รวดเร็วและเป็นการช่วยปรับสภาพน้ำไปในตัวด้วย แต่หากพวกธาตุอาหารมีมากเกินไปก็อาจทำให้แพลงค์ตอนขยายพันธุ์อย่างรวดเร็วมากทำให้น้ำเน่าเสียได้เช่นกัน ในทางปฏิบัติแล้วการใช้ปุ๋ยธาตุอาหารเหล่านี้จะใช้หลังจากการตากบ่อใหม่ๆ เพื่อช่วยให้น้ำมีความอุดมสมบูรณ์เร็วขึ้น

2.1.7 แอมโมเนียในนากุ้ง

เกิดจากการขับถ่ายของเสียจากสัตว์และการเน่าสลายของเศษอาหารที่ตกค้างในบ่อ แอมโมเนียในบ่อกุ้งนั้นมีอยู่ทั้งในก๊าซแอมโมเนียและในรูปของแอมโมเนียไอออน แอมโมเนียที่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำคือก๊าซแอมโมเนีย หากพีเอชของน้ำสูง ความเป็นพิษของแอมโมเนียก็จะสูงตามไปด้วย ปริมาณของแอมโมเนียในบ่อกุ้งไม่ควรสูงกว่า 0.10 มิลลิกรัมต่อน้ำหนึ่งลิตร ถ้าในน้ำหนึ่งลิตรมีแอมโมเนีย 0.45 มิลลิกรัมอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งจะลดลงประมาณร้อยละ 50

2.1.8 ความขุ่นใสของน้ำ

ความขุ่นในบ่อกุ้งเกิดจากการละลายของดินและเลนตะกอนต่างๆ รวมทั้งการเจริญเติบโตของแพลงค์ตอนด้วย ความขุ่นที่เกิดขึ้นเนื่องจากดินเลนมากเกินไป ปัญหาแรกอาจทำให้บ่อเลี้ยงตื้นเขินได้ง่าย หากความขุ่นมากอาจทำให้กุ้งมีการเจริญเติบโตลดลง ในนากุ้งไม่ควรมีความขุ่นเกิน 25 มิลลิกรัมต่อน้ำหนึ่งลิตร ลักษณะนี้ในนากุ้งน้ำจะมีสีน้ำตาลอ่อนๆ ซึ่งต้องอาศัยประสบการณ์ในการสังเกต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ปัญหาที่เกิดกับคุณภาพน้ำในการเพาะเลี้ยงกุ้ง

2.2.1 การขาดออกซิเจนในน้ำ

ออกซิเจนเป็นก๊าซที่เป็นองค์ประกอบของอากาศ ซึ่งจำเป็นสำหรับสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ เพื่อใช้ในการหายใจ สัตว์น้ำใช้ออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ ซึ่งออกซิเจนส่วนหนึ่งได้จากบรรยากาศ อีกส่วนหนึ่งได้จากการสังเคราะห์แสงของแพลงค์ตอนพืชสาหร่าย ความสามารถในการละลายน้ำของออกซิเจนขึ้นอยู่กับความกดอากาศ อุณหภูมิ และความเค็มของน้ำ ในน้ำจืดในสภาพอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงในประเทศไทยความสามารถในการละลายน้ำของออกซิเจนในน้ำโดยปกติจะอยู่ในช่วง 7-8 มิลลิกรัมต่อลิตร

กุ้งและสัตว์น้ำทุกชนิดต้องการน้ำที่มีออกซิเจนในปริมาณสูง เพื่อการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโตที่ดี ถ้าปริมาณออกซิเจนลดต่ำลงมากๆ กุ้งก็จะเริ่มอ่อนแอ การเจริญเติบโตช้าลง ถ้าออกซิเจนในน้ำลดลงถึงจุดอันตรายกุ้งจะตายหมดทั้งบ่อ ระดับออกซิเจนที่ละลายน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามไม่ควรลดลงต่ำกว่า 3 ส่วนในล้านส่วน เพื่อป้องกันผลกระทบที่จะเกิดต่อกุ้ง ในการจัดบ่อที่ดีนั้นส่วนมากจะพยามรักษาระดับออกซิเจนในบ่อกุ้งให้มากกว่า 5 ส่วนในน้ำ

1) สาเหตุของการขาดแคลนออกซิเจนในน้ำในบ่อกุ้ง

1.1) เกิดจากการเน่าเสียของเศษอาหารที่เหลือ ทำให้มีการใช้ออกซิเจนไปจากน้ำในบ่อ

1.2) เกิดจากการตายอย่างฉับพลันของแพลงค์ตอนพืช ซึ่งมักขึ้นอยู่ในปริมาณมากในบ่อกุ้งก้ามกราม แพลงค์ตอนพืชเมื่อขึ้นหนาแน่นมากๆ จะตายและทำให้น้ำเน่าเสีย ซากแพลงค์ตอนจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์และออกซิเจนจะถูกดึงเข้าไปในขบวนการเน่าสลาย

1.3) การที่พื้นบ่อเน่าจากการหมักหมมของตะกอนสารอินทรีย์ ทำให้มีการดึงออกซิเจนไปใช้มีผลให้ออกซิเจนในน้ำลดต่ำลง

1.4) น้ำที่สูบจากแหล่งน้ำอาจมีออกซิเจนต่ำ เนื่องจากการเน่าเสียจากเศษเหลืออินทรีย์สารต่างๆ ถ้าไม่มีบ่อพักนี้เพื่อปรับคุณภาพน้ำอาจทำให้เกิดปัญหาขาดแคลนออกซิเจนในบ่อ

2) ลักษณะของบ่อเลี้ยงกุ้งที่มีปัญหาการขาดออกซิเจน

บ่อที่เริ่มมีปัญหาการขาดแคลนออกซิเจนในน้ำนั้นจะสังเกตได้จากการที่สัตว์น้ำลอยตัวหรือเริ่มตายในตอนเช้ามืด หรือตอนที่ครึ้มฝนบ่อชนิดนี้จะมีการเน่าเสียรุนแรงที่ต้องใช้ออกซิเจนมาก ลักษณะของน้ำจะมีความหนืดถ้าให้อากาศ ฟองอากาศจะแตกตัวช้ากว่าปกติ น้ำที่เน่ามากจะมีสีขุ่นของตะกอนสารอินทรีย์และกลิ่นก๊าซไข่เน่า ดินพื้นบ่อจะมีกลิ่นเหม็น ถ้าแพลงค์ตอนพืชขึ้นมากๆ จนสีเขียวเข้มจัดและเกิดการเปลี่ยนสีซีดลงก็แสดงว่าแพลงค์ตอนพืชกำลังตายและกำลังเกิดการเน่าในบ่อ ผู้ที่ทำงานทางด้านคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง และผู้เลี้ยงที่ทำการเลี้ยงกุ้งมาเป็นระยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลานานพอสมควรอาจจะสังเกตได้ว่ากำลังเกิดปัญหาการขาดออกซิเจนในบ่อหรือไม่ โดยการพิจารณาสีและลักษณะของน้ำ

3) การป้องกัน

3.1) กรณีที่มีปัญหาจากแหล่งน้ำ ปกติมักจะเกิดขึ้นกับบ่อเลี้ยงกุ้งที่ไม่มีบ่อพักน้ำ ให้หยุดสูบน้ำเข้าบ่อ ทางที่ดีที่สุดควรจะได้มีการวัดปริมาณออกซิเจนในแหล่งน้ำก่อนที่จะสูบน้ำ

3.2) สร้างบ่อพักน้ำเพื่อปรับสภาพน้ำให้ดีขึ้น และเพิ่มออกซิเจนก่อนปล่อยลงบ่อเลี้ยง

3.3) ควบคุมปริมาณอาหารในบ่ออย่าให้เหลือมาก

3.4) ถ้าน้ำสีเขียวจัดให้รีบเปลี่ยนน้ำ

3.5)ในบ่อกุ้งที่มีการเลี้ยงกุ้งหนาแน่นควรจะมีอุปกรณ์ช่วยให้อากาศแก่น้ำในบ่อ เช่น เครื่องเป่าอากาศ เครื่องตีน้ำ หรืออุปกรณ์ให้อากาศอื่นๆ

4) การแก้ไข

ถ้ากุ้งลอยหัวหรือเริ่มตายในตอนเช้ามืด หรือเกิดปัญหาการขาดออกซิเจนในบ่อให้ดำเนินการดังนี้

4.1) เพิ่มออกซิเจนในน้ำโดยการให้อากาศ อาจจะใช้เครื่องตีน้ำเพิ่มออกซิเจน เครื่องสูบน้ำเครื่องเป่าอากาศ หรือระหัดวิดน้ำ โดยพยายามให้น้ำผสมกับอากาศ ในกรณีที่ใช้เครื่องสูบน้ำให้สูบน้ำขึ้นมาแล้วพ่นขึ้นไปในอากาศแล้วปล่อยให้ตกลงมาในบ่อใหม่

4.2) รีบถ่ายน้ำในบ่อให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ ถ้าไม่สามารถถ่ายน้ำได้ทันทีจะต้องเพิ่มประสิทธิภาพของอากาศให้พอเพียง และลดปริมาณอาหารลง

2.2.2 อุณหภูมิของน้ำ

ปัญหาที่เกี่ยวกับอุณหภูมิของน้ำจะเกิดในฤดูร้อนและฤดูหนาว ในฤดูร้อนบ่อที่กักน้ำจะมีระดับน้ำตื้นเกินไปบางครั้งอุณหภูมิจะสูงมากจนเป็นอันตรายต่อกุ้ง ในฤดูหนาวเมื่ออุณหภูมิลดต่ำลงกุ้งจะไม่ค่อยเจริญเติบโต

การป้องกันและแก้ไข คือ พยามรักษาระดับน้ำอย่าให้น้อยกว่า 1 เมตร สำหรับพื้นที่ที่อุณหภูมิลดลงต่ำมากๆ ในฤดูหนาวควรจะหยุดเลี้ยงและตากบ่อ

2.2.3 ความเค็มของน้ำ

กุ้งก้ามกรามสามารถทนความเค็มได้สูงกว่า 18 ส่วนในพัน แต่ช่วงความเค็มที่กุ้งสามารถเจริญเติบโตดีที่สุดอยู่ในช่วง 0-4 ส่วนในพัน การเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำในช่วงกว้าง ในระยะเวลาสั้นๆ เช่น บริเวณทะเลสาบที่ติดต่อกับทะเลอาจจะมีผลต่อกุ้งที่เลี้ยง ดังเช่นมีรายงานการตายของกุ้งที่เลี้ยงในบริเวณทะเลสาบสงขลาที่มีการเปลี่ยนแปลงความเค็มสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การป้องกัน คือ ควรเลือกสถานที่เลี้ยงโดยหลีกเลี่ยงแหล่งน้ำประเภทนี้

2.2.4 การเปลี่ยนแปลงพีเอชของน้ำ

การเปลี่ยนแปลงระดับพีเอชของน้ำในรอบวันมากเกินไปจะมีผลทำให้กุ้งอ่อนแอไม่เจริญเติบโตและเป็นโรคได้ง่าย บางครั้งพีเอชของน้ำในตอนบ่ายเพิ่มขึ้นไปในระดับที่สูงจนเป็นด่างจัดจนทำให้กุ้งตาย

1) สาเหตุการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช

ปัญหาที่เกิดในกรณีนี้จะเกิดในบ่อเลี้ยงกุ้งที่มีแพลงค์ตอนขึ้นอยู่ในปริมาณมาก และน้ำมีระบบต้านการเปลี่ยนแปลงพีเอชไม่ดี ซึ่งจะเป็นน้ำอ่อนที่มีปริมาณด่างและปริมาณแคลเซียมในน้ำต่ำ เมื่อมีการเพิ่มหรือลดคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำโดยการสังเคราะห์แสงของแพลงค์ตอนพืชและการเน่าสลาย ของสารอินทรีย์ จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพีเอชในช่วงกว้าง

2) การป้องกันและแก้ไข

เพิ่มปริมาณด่างและความกระด้างของน้ำโดยการเติมปูนขาวลงไปในบ่อ

2.2.5 น้ำเป็นกรด

น้ำที่มีพีเอชต่ำเป็นกรดจะทำให้อัตราการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำต่ำกว่าปกติ เมื่อค่าพีเอชอยู่ในระดับ 4-5 จะมีผลต่อระบบสืบพันธุ์ของสัตว์น้ำส่วนมากสัตว์น้ำจะตายเมื่อค่าพีเอชลดลงต่ำกว่า 4

1) สาเหตุ

1.1) เกิดจากน้ำที่สูบเข้ามาใช้เลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีสภาพเป็นกรด ซึ่งมักจะเกิดในแหล่งน้ำที่ไหลผ่านบริเวณที่เป็นดินเปรี้ยว

1.2) เกิดจากการขุดบ่อเลี้ยงในบริเวณดินเปรี้ยว ซึ่งน้ำจะไปละลายเอากรดในดินมาทำให้เป็นกรดจัด

1.3) บ่อเลี้ยงกุ้งที่ขุดในเขตดินเปรี้ยว และปรับสภาพดินโดยใช้วัสดุปูนแล้ว บางครั้งอาจจะเกิดปัญหาน้ำเป็นกรดขึ้นได้อีก เช่น ในกรณีที่ฝนตกทำให้ดินเปรี้ยวโผล่ขึ้นมาอีก หรือตอนตากบ่อพื้นบ่อแห้งแตกเป็นร่องลึกลงไปถึงชั้นดินที่ยังเป็นกรดอยู่

2) การป้องกันและการแก้ไข

2.1) ถ้าน้ำจากแหล่งน้ำเป็นกรดให้สูบน้ำเข้าบ่อพักน้ำ และใช้ปูนขาวปรับ พีเอช ของน้ำให้อยู่ในช่วงปกติก่อนนำไปใช้

2.2) หลีกเลี่ยงการสร้างบ่อในบริเวณดินเปรี้ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.6 ความเป็นพิษของสารประกอบไนโตรเจน

สารประกอบไนโตรเจนที่เป็นพิษต่อกุ้งก้ามกรามมากที่สุด คือ แอมโมเนีย รองลงมาก็คือไนโตรท์ สารพิษเหล่านี้จะมีผลต่อการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกรามและถ้ามีในปริมาณสูงก็จะทำให้กุ้งตายได้ แอมโมเนียและไนไตรท์ในปริมาณต่ำกว่าระดับที่ทำให้กุ้งตายจะทำให้กุ้งอ่อนแอและติดโรคง่าย ความเป็นพิษของแอมโมเนียจะสูงขึ้นเมื่อน้ำมีค่าพีเอชสูงขึ้น

1) สาเหตุ

แอมโมเนียที่สะสมอยู่ในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำส่วนใหญ่เกิดจากการเน่าสลายของสารอินทรีย์พวกเศษเหลืออาหารและของเสียจากสัตว์น้ำ แอมโมเนียส่วนหนึ่งเกิดจากการขับถ่ายของสัตว์น้ำ ที่กำจัดแอมโมเนียออกมาทางเหงือก ไนไตรท์เกิดจากการที่บักเตรีเปลี่ยนแปลงรูปจากแอมโมเนียไปเป็นไนไตรท์ ซึ่งปกติแล้วจะต้องถูกเปลี่ยนไปเป็นไนเตรทต่อไป แต่บางครั้งเนื่องจากสภาวะแวดล้อมไม่เหมาะสม สำหรับบักเตรีที่จะเปลี่ยนไนไตรท์ให้เป็นไนเตรทก็อาจเกิดการสะสมไนไตรท์ขึ้นได้ในบ่อ ในบางสภาวะไนไตรท์อาจจะได้จากการที่บักเตรีบางชนิดเปลี่ยนไนเตรทมาเป็นไนไตรท์ในสภาพที่ขาดออกซิเจน

2) การป้องกันและแก้ไข

2.1) เนื่องจากแอมโมเนียเกิดจากการเน่าสลายของสารอินทรีย์ วิธีการป้องกันที่ดีที่สุดคืออย่าให้มีเศษเหลือพวกอินทรีย์สารต่างๆ ในบ่อควบคุมปริมาณอาหารให้เหมาะสมอย่าให้อาหารเหลือการควบคุมปริมาณแอมโมเนียจะมีผลถึงปริมาณไนไตรท์ด้วย

2.2) แพลงค์ตอนพืชจะช่วยกำจัดแอมโมเนียในน้ำได้โดยดูดซึมไปใช้ โดยปกติบ่อกุ้งที่มีแพลงค์ตอนพืชมากๆ จะมีปริมาณแอมโมเนียต่ำ ยกเว้นในช่วงที่แพลงค์ตอนพืชตายและเน่าสลาย

2.3) ใช้เกลือเติมลงในน้ำจะช่วยลดความเป็นพิษของแอมโมเนียได้ แต่ควรใช้ในกรณีที่ไม่สามารถเปลี่ยนน้ำได้เท่านั้น

2.2.7 ความเป็นพิษของคาร์บอนไดออกไซด์

ในบ่อที่มีการเน่าสลายปริมาณสูง ทำให้เกิดการสะสมของคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณสูงมากๆ จะทำให้เกิดผลกระทบต่อกุ้ง ทั้งในแง่การเจริญเติบโต ความต้านทานโรคและทำให้เกิดการตาย ซึ่งปัญหามักเกิดในบ่อที่มีของเสียพวกสารอินทรีย์ในปริมาณมาก และมีการเน่าเสียมาก แพลงค์ตอนพืชมีน้อย ทำให้การใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในการสังเคราะห์แสงมีน้อย เป็นผลให้เกิดการสะสมของคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำความเป็นพิษของคาร์บอนไดออกไซด์จะเพิ่มมากขึ้นเมื่อปริมาณออกซิเจนในน้ำต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) สาเหตุ

เกิดจากการเน่าสลายของสารอินทรีย์พวกเศษอาหารและสิ่งขับถ่ายของสัตว์น้ำ บางส่วนได้จากการหายใจของพืชและสัตว์ในน้ำ

2) การป้องกันและการแก้ไข

2.1) ป้องกันไม่ให้มีการสะสม และการเน่าสลายของสารอินทรีย์โดยการควบคุมปริมาณอาหารที่ให้อย่าให้เหลือมากเกินไป

2.2) เมื่อเกิดปัญหาให้เปลี่ยนน้ำ

2.3) ปูนขาวสามารถใช้กำจัดคาร์บอนไดออกไซด์ ควรใช้เมื่อไม่สามารถที่จะเปลี่ยนน้ำได้เท่านั้น

2.3 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

2.3.1 ความเป็นกรด-เบส

ความเป็นกรด-เบส หรือพีเอช มาจากภาษาฝรั่งเศสคือ Pouvoir Hydrogene หรือ Hydrogen Power หรืออนุภาพของไอโดรเจน เป็นตัวชี้วัดทางคุณภาพน้ำที่ใช้แสดงให้เห็นว่าน้ำมีสภาพเป็นกรด (Acidity) หรือด่าง (Basicity) โดยแสดงสภาพกรดหรือด่างออกมาจากความเป็นกรด-เบสที่วัดได้มีค่าในช่วง 1-14 น้ำที่มีความเป็นกรด-เบส 7 จะเป็นกลาง (Neutral Point) ซึ่งแสดงว่าในน้ำมีปริมาณไฮโดรเจนไอออน (H^+) และไฮดรอกซิลไอออน (OH) เท่านั้น หากมีค่าความเป็นกรด-เบสสูงขึ้น 7-14 แสดงว่าน้ำมีสภาพด่างเพิ่มมากขึ้นแต่ถ้ามีความเป็นกรด-เบสต่ำลง 7-0 แสดงว่ามีสภาพกรดเพิ่มขึ้น

ความเป็นกรด-เบสของน้ำเป็นค่าที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ สิ่งมีชีวิตจะดำรงชีวิตได้ปกติถ้าน้ำมีความเป็นกรด-เบสเหมาะสม ซึ่งโดยทั่วไปมีช่วงความเป็นกรด-เบสกลางๆ แต่หากน้ำมีความเป็นกรด-เบสสูงหรือต่ำมากเกินไปจะก่อให้เกิดอันตรายแก่สิ่งมีชีวิตที่อาศัยในน้ำ

1) ความหมายทางเคมีของความเป็นกรด-เบส

ความหมายทางเคมีของความเป็นกรด-เบส หมายถึง ค่าผลลบลอกเกริธึม (Logarithm) ของความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนในสารละลาย

$$pH = -log\left(H^+\right) \tag{2.1}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาพกรด (Acidity) หมายถึง ความเข้มข้นทั้งหมดของสารประกอบในน้ำที่แสดงสภาพกรดเมื่อถูกไทเทรตด้วยด่าง โดยแสดงผลออกมาเป็นมิลลิกรัมต่อลิตรของสมมูลแคลเซียมคาบอเนตสภาพกรดของน้ำไม่ควรนำไปสับสนกับค่าความเป็นกรด-เบส ทั้งนี้เนื่องจากในน้ำที่มีสภาพกรดสูงอาจมีค่าความเป็นกรด-เบสในระดับไม่ต่ำมาก ถ้าน้ำมีความสามารถควบคุมการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-เบส (Buffering Capacity) โดยอาศัยปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์และคาร์บอเนตควบคุม

น้ำที่มีความเป็นกรด-เบสสูงถึง 8.3 จะมีคาร์บอนไดออกไซด์อิสระ (Free Carbon Dioxide) ปะปนด้วยและสามารถวัดสภาพกรดได้ แต่จะไม่พบคาร์บอนไดออกไซด์ปนเลยถ้าหากในน้ำมีความเป็นกรด-เบสสูงกว่า 8.3 การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำโดยทั่วไปมีความสนใจวิเคราะห์สภาพกรดของน้ำค่อนข้างน้อย เนื่องจากน้ำในบ่อมีสภาพกรดไม่จัดมาก (pH 4.5-8.3) จะยังคงมีสภาพด่าง (Alkalinity) เป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย เว้นที่น้ำแสดงสภาพกรดจัดที่เกิดจากแร่ธาตุเป็นกรด และมีความเป็นกรด-เบสต่ำกว่า 4.5 จะไม่พบสภาพด่างปะปนอยู่เลยความเป็นกรด-เบสที่ต่ำกว่า 4.5 ไม่ได้เกิดจากปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ เพราะโดยตัวคาร์บอนไดออกไซด์เองไม่สามารถทำให้ตัวอย่างน้ำที่มีความเป็นกรด-เบสต่ำกว่า 4.5 ได้ ดังนั้นความเป็นกรด-เบสที่ต่ำจึงเป็นสภาพกรดที่เกิดขึ้นมาจากแร่ธาตุหรือสารประกอบที่เป็นกรด เช่น กรดซัลฟิวริก, กรดไฮโดรคลอริก หรือกรดไนตริกเป็นต้น แต่ในบ่อเลี้ยงสัตว์เกือบทั้งหมดจะเป็นกรดซัลฟิวริกที่ได้จากการเติมออกซิเจนของสารประกอบเหล็กไพไรต์ หรือสารประกอบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง แหล่งไพไรต์ที่พบมาก เช่น จากละอองถ่านหินที่ได้จากเหมืองถ่านหินหรือดินบริเวณบึงน้ำกร่อยเป็นต้น

2) การวัดค่าพีเอช

การวัดค่าพีเอชทำได้ 2 วิธี คือ วิธีเทียบสี (Colorimetric) และวิธีไฟฟ้า (Elecrometic) การวัดพีเอชโดยวิธีเทียบสีเป็นวิธีที่ง่ายและเสียค่าใช้จ่ายน้อย แต่วิธีนี้เหมาะกับน้ำที่สะอาดน้ำที่ไม่มีสีหรือไม่มีความขุ่น หรือตะกอนแขวนลอยเป็นต้น ส่วนการวัดพีเอชโดยใช้วิธีการไฟฟ้าจะได้ผลถูกต้องแน่นอนกว่า แต่อุปกรณ์การวัดจะราคาแพงกว่าใช้กระดาษวัดพีเอช สีที่เกิดขึ้นจะนำมาเปรียบเทียบกับสีต่างๆ ที่รู้ค่าพีเอช ค่าที่วัดโดยใช้กระดาษวัดค่าพีเอชมักไม่ถูกต้องและไม่ละเอียดเหมือนวิธีที่ใช้ไฟฟ้าแต่สะดวกในการใช้จึงเป็นวิธีที่ใช้ในสนาม

2.1) ใช้กระดาษวัดพีเอช สีที่เกิดขึ้นจะนำมาเปรียบเทียบกับสีต่างๆ ที่รู้ค่าพีเอช ค่าที่วัดโดยใช้กระดาษวัดค่าพีเอชมักไม่ถูกต้องและละเอียดเหมือนวิธีที่ใช้ไฟฟ้า แต่สะดวกในการใช้จึงเป็นวิธีที่ใช้ในสนาม

2.2) วิธีเทียบสี (Colorimetric Method) การวัดค่าพีเอชของน้ำ โดยวิธีการเทียบสีเป็นการวัดค่าพีเอชโดยการเปรียบเทียบสีของตัวอย่างน้ำกับสารละลายมาตรฐาน เมื่อใส่อินดิเคเตอร์จำนวนที่แน่นอนลงไปในสารละลายทั้งสองอินดิเคเตอร์ที่ใช้เป็นกรด-เบสอินดิเคเตอร์ รูปกรด (Acid

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Form) จะให้สีหนึ่งและรูปเบส (BasicForm) จะให้อีกสีเช่น อินดิเคเตอร์ (Hin) เมื่ออยู่ในสารละลายจะแตกตัว (Ionise) ให้ (H^+) และ(In^-) เมื่อถึงสมดุลของสารละลายจะมีทั้งรูปกรดและรูปเบส ถ้าสารละลายมี (H^+) มาก (In^-) จะน้อยและ (Hin) จะมาก ดังนั้นสารละลายจะมีสีของรูปกรด

ถ้าสารละลายมี (H^+) น้อย (In^-) จะมาก และ (Hin) จะน้อย ดังนั้นสารละลายจะมีสีของรูปเบส นั่นคือสีของอินดิเคเตอร์เมื่ออยู่ในสารละลายจะมีสีของรูปกรดหรือรูปเบส หรือทั้งรูปกรดและเบสรวมกันก็ขึ้นอยู่กับ (H^+) หรือพีเอชของสารละลายนั้นช่วงพีเอชของอินดิเคเตอร์ค่อยๆ เปลี่ยนสีจากรูปกรดไปเป็นรูปเบส หรือช่วงอินดิเคเตอร์มีทั้งสีของรูปกรด และรูปเบส ซึ่งเรียกว่าการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ (pH Range cr pH Interval of Indicator) อินดิเคเตอร์แต่ละตัวจะมีสีและช่วงการเปลี่ยนสีเฉพาะตัวแตกต่างกันไป

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของกรด-เบส อินดิเคเตอร์

อินดิเคเตอร์	สีในรูปกรด	สีในรูปเบส	การเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์
เมทิลไวโอเลต	สีเหลือง	สีม่วง	0-2
มาลาชิต กรีน	สีเหลือง	สีเขียว-เหลือง	0-1.8
ไทมัลบลู	สีแดง	สีเหลือง	1.2-2.8
เมทิลออร์เรนจ์	สีแดง	สีส้ม-เหลือง	3.1-4.6
โบร์มคลีซัล กรีน	สีเหลือง	สีน้ำเงิน	3.8-5.4
เมทิลเรด	สีแดง	สีเหลือง	4.4-6.2
ลิตมัส	สีแดง	สีน้ำเงิน	4.5-8.3
โบร์มไทมัล บลู	สีเหลือง	สีน้ำเงิน	6.0-7.6
พีนอล เรด	สีเหลือง	สีน้ำเงิน	6.8-8.4
ไทมัลบลู	สีเหลือง	สีน้ำเงิน	8.0-9.6
พีนอล์ทาลีน	ไม่มีสี	สีแดง	8.2-9.8
ไทมัลฟาร์ทาลีน	ไม่มีสี	สีน้ำเงิน	9.3-10.5
อะลิซาริน เยลโล	สีเหลือง	สีม่วงแดง	10.1-11.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากอินดิเคเตอร์แต่ละชนิดมีสีต่างกัน และมีช่วงการเปลี่ยนที่พีเอชต่างๆ กันจึงอาจใช้อินดิเคเตอร์เหล่านี้ในการหาค่าพีเอชของสารละลาย และใช้การเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์เป็นเครื่องบอกจุดยุติของการไทเทรตของกรดและเบส ในการไทเทรตกรดกับเบสมีวัตถุประสงค์เพื่อหาจุดที่ปริมาณของกรดและเบสทำปฏิกิริยากันพอดี จุดนี้เรียกว่าจุดสมมูล (Equivalent Point) ขณะไทเทรตเราไม่สามารถจะรู้ได้ว่าถึงจุดสมมูลหรือยัง แต่ก็พอจะทราบได้จากการคำนวณหรือการศึกษาจากเส้นโค้งของการไทเทรต ถ้าเลือกอินดิเคเตอร์ที่เปลี่ยนสีที่ช่วงพีเอชนั้นๆ พอดี อินดิเคเอร์จะเปลี่ยนสีบอกจุดยุติได้ใกล้เคียงกับจุดสมมูลมาก ถ้าใช้อินดิเคเตอร์ไม่ถูก อินดิเคเตอร์ก็จะเปลี่ยนสีบอกจุดยุติก่อนถึงจุดสมมูลไปแล้ว ผลของการไทเทรตก็จะผิดไปมาก การหาค่าพีเอชของสารละลายโดยการใช้อินดิเคเตอร์มีวิธีการดังนี้คือ

2.2.1) เลือกอินดิเคเตอร์ที่มีช่วงพีเอชอยู่ใกล้เคียงกับพีเอชของสารละลาย สามารถทำได้โดยหยดสารอินดิเคเตอร์ 1-2 หยดลงในสารละลายจำนวนเล็กน้อยและดูสีถ้าอิดิเคเตอร์มีสีรูปกรดและสีรูปเบสปนกันก็ใช้ได้

2.2.2) การวัดพีเอชที่แน่นอน โดยวิธีเทียบสีของอินดิเคเตอร์ในสารละลายกับสีของอินดิเคเตอร์ชนิดเดียวกันของสารละลายมาตรฐานที่ทราบค่าพีเอช (ใช้สารละลายมาตรฐาน 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร + อินดิเคเตอร์ 2 หยด)

3) วิธีทางไฟฟ้า (Electrometric Method)

การวัดพีเอช คือการวัดสภาพความเป็นกรดหรือด่างของสารละลาย ที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย (Aqueous Solution)โดยใช้วิธีการวัดความต่างศักย์ที่เกิดขึ้น (Potential) ระหว่างอิเล็คโทรดอ้างอิงกับอิเล็คโทรดตรวจวัด (Sensing Electrod) ความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นได้จากจำนวนไฮโรเจนไอออน $\left(H^{+}\right)$ อิเล็คโทรดจะเปลี่ยนความต่างศักย์ที่เกิดจากอิออน (Ionic Potential) เป็นความต่างศักย์ไฟฟ้า (Electronic Potential) แล้วขยายให้มีความต่างศักย์สูงขึ้นด้วยเครื่องวัดพีเอช (Potentiometer)

4) เครื่องมือและอุปกรณ์

4.1) เครื่องวัดพีเอช (pH Meter)

เครื่องวัดพีเอชเป็นเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าที่ใช้วัดพีเอชของสารละลายโดยหลักการวัดความต่างศักย์ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ อิเล็คโทรดและตัวเครื่อง

4.1.1) อิเล็คโทรด จะทำหน้าที่เป็นภาคตรวจรับโดยส่วนใหญ่จะเป็นอิเล็คโทรดรวม (Combination pH Electrode) ซึ่งออกแบบให้สะดวกในการใช้งาน โดยรวมอิเล็คโทรดอ้างอิง และอิเล็คโทรดตรวจวัดมาอยู่ด้วยกันอิเล็คโทรดตรวจวัดทำด้วยแก้วพิเศษที่ยอมให้ไฮโดรเจนอิออนผ่านส่วนใหญ่ออกแบบเป็นรูปกระเปาะ ภายในบรรจุบัฟเฟอร์เอาไว้อิเล็คโทรดอ้างอิงทำหน้าที่ให้ศักย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ขั้วตรวจวัดเกิดครบวงจรโดย KCI ชนิดอิ่มตัวที่อยู่ในอิเล็คโทรดอ้างอิงซึมผ่านมาเป็น Salt bridge เชื่อมต่อกับอิเล็คโทรดตรวจวัด

4.1.2) ตัวเครื่อง (Potentiometer) ทำหน้าที่สำคัญ 3 ประการ คือ

ประการที่แรก เป็นตัวปรับความต่างศักย์ให้กับอิเล็คโทรดอ้างอิงให้มีค่าความต่างศักย์เป็นศูนย์และคงที่

ประการที่สอง แปลสัญญาณความต่างศักย์อิออนของอิเล็คโทรด ให้เป็นความต่างศักย์ทางไฟฟ้า

ประการที่สาม ขยายสัญญาณความต่างศักย์ทางไฟฟ้าให้เพิ่มมากขึ้นโดยใช้เข็มหรือตัวเลแสดงออกทางมิเตอร์

4.2) บิกเกอร์ ขนาด 100 มิลลิลิตร

4.3) Megnetic Stirrer

5) วิธีวัดพีเอช

5.1) หลังจากเปิดเครื่องวัดพีเอชควรปล่อยให้เครื่องน้อยอย่างน้อย 15 นาทีก่อนใช้งาน

5.2) ปรับเทียบมาตรฐานของเครื่องมือให้พร้อมก่อนที่จะวัดค่าพีเอชตัวอย่าง โดยการใช้สารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐานที่ทราบค่าพีเอชแน่นอน วิธีปรับเทียบโดยทั่วๆ ไปมี 2 วิธี คือ

5.2.1) การเทียบมาตรฐานพีเอชแบบจุดเดียว (Single Point Standardization) คือการใช้สารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐานตัวเดียวเป็นตัวเทียบ โดยจุ่มสารอิเล็คโทรดลงในสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน ดูค่าพีเอชที่ได้ ถ้าค่าพีเอชที่ได้ไม่เท่ากับค่าพีเอชจริงของสารละลายบัฟเฟอร์ให้ใช้ปุ่ม Caliblate ปรับค่าให้ได้เท่ากัน จากนั้นเครื่องก็พร้อมวัดตัวอย่างต่อไป วิธีนี้มีข้อเสีย คือ ถ้าตัวอย่างน้ำมีค่าพีเอชไม่ใกล้เคียงกับสารละลายมาตรฐานบัฟเฟอร์ ค่าที่ได้จะมีโอกาสผิดพลาดมาก

5.2.2) การเทียบมาตรฐานพีเอชแบบ 2 จุด (Two Point Standardization) คือ การใช้สารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐานจำนวน 2 ตัวเป็นตัวเทียบมาตรฐาน โดยการจุดอิเล็คโทรดลงในสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐานตัวแรกซึ่งมีพีเอชเท่ากับ 7 จากนั้นใช้ปุ่ม Caribrate ปรับค่าให้ได้เท่ากับค่าของสารละลายบัฟเฟอร์ ล้างอิเล็คโทรดด้วยน้ำกลั่นซับด้วยกระดาษนุ่มๆ เบาๆ แล้วจุ่มลงในสารละลายบัฟเฟอร์มาตราฐานตัวที่ 2 (มีค่าพีเอช 4 หรือ 10) วิธีเทียบมาตราฐานวิธีนี้จะวัดค่าพีเอชได้ถูกต้องกว่าวิธีแรก

5.3) ตัวอย่างน้ำที่จะนำมาวัดค่าพีเอช ต้องปล่อยให้มีอุณหภูมิคงที่เสียก่อน เช่นในกรณีที่ตัวอย่างน้ำแช่เย็นไว้ ต้องนำออกจากตู้เย็น ต้องทิ้งไว้จนหายเย็น จึงจะนำไปวัดค่าพีเอช เพราะค่าพีเอชจะเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4) ก่อนการวัดเขย่าตัวอย่างน้ำให้เข้ากันหลังจากนั้นเทน้ำใส่บิกเกอร์ วางบิกเกอร์บน Stirrer จุ่มอิเล็คโทรดแล้วเปิดเครื่อง Stirrer ให้หมุนเบาๆ จนตัวเลขแสดงค่าพีเอชหยุดนิ่ง อ่านค่าพีเอชของค่าตัวอย่างน้ำ

5.5) เมื่อจะวัดตัวอย่างต่อไปให้ฉีดล้างอิเล็คโทรดด้วยน้ำกลั่นจากนั้นซับด้วยกระดาษหรือผ้านุ่มๆ แล้วจึงวัดตัวอย่างถัดไป แต่ถ้าจะเลิกวัดหลังจากที่ล้างอิเล็คโทรดด้วยน้ำกลั่นจนสะอาดและซับให้แห้งแล้วแช่อิเล็คโทรดไว้ในสารละลายที่มีอิออนมากพอควร และมีฤทธิ์เป็นกรดเช่น สารละลายบัฟเฟอร์ 4 หรือที่ดีที่สุดในน้ำยาสำหรับเก็บรักษาอิเล็คโทรด

2.3.2 การวิเคราะห์ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ

ออกซิเจนมีความสำคัญต่อแหล่งน้ำมาก เพราะถูกนำไปใช้ในกระบวนการต่างๆ เพื่อสร้างพลังงาน ให้แก่สิ่งมีชีวิตต่อไป ออกซิเจนเป็นตัวควบคุมกระบวนการใช้พลังงานของแหล่งน้ำ ไม่ว่าพืชหรือสัตว์ต้องการออกซิเจนในการหายใจ ปริมาณของออกซิเจนที่ละลายในน้ำขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น อุณหภูมิของน้ำ ความกดอากาศและความเค็ม ปริมาณการละลายของออกซิเจนจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิของน้ำลดลง ตัวอย่างเช่นออกซิเจนจะมีความสามารถในการละลายเพิ่มขึ้นร้อยละ40 เมื่ออุณหภูมิของน้ำลดลงจาก 25 องศาเซลเซียสไปจนกระทั่งเกือบ 0 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 2.2 ค่าออกซิเจนละลายในน้ำที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ดีโอ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
0	14.6
5	12.7
10	11.3
15	10.1
20	9.1
25	8.3
30	7.5

1) ความสำคัญของออกซิเจนที่ละลายในน้ำ

1.1)ใช้ในการรักษาสภาพของน้ำให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ ออกซิเจนที่ละลายในน้ำได้จากหลายแหล่ง แหล่งแรกคือมาจากอากาศ ความสามารถในการละลายน้ำได้ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกซิเจนเมื่ออากาศมีปริมาณออกซิเจนร้อยละ 21 โดยประมาณ หรือ 210 มิลลิลิตรต่อลิตรของอากาศ ออกซิเจนที่ระดับความดัน 1 บรรยากาศมีค่าตั้งแต่ 14.6 มิลลิกรัมต่อลิตรที่ 0 องศาเซลเซียส จนถึง 7.5 มิลลิกรัมต่อลิตรที่ 30 องศาเซลเซียส

โดยทั่วไปปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหรือค่าดีโอไม่น้อยกว่า 5 พีพีเอ็ม (5 มิลลิกรัมของออกซิเจนต่อลิตรต่อน้ำ) จึงจะถือได้ว่าไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ อย่างไรก็ตามในสัตว์น้ำแต่ละชนิดสามารถทนต่อปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในระดับต่างๆ ได้แตกต่างกัน นอกจากอากาศลงสู่แหล่งน้ำแล้วคุณสมบัติบางอย่างของน้ำก็เป็นสิ่งสำคัญในการที่จะควบคุมการละลายของออกซิเจนในน้ำ เช่น คลื่น ถ้ามีคลื่นจัดออกซิเจนก็จะซึมและผสมลงสู่น้ำได้มาก ถ้าบรรยากาศมีความชื้นน้อยก็จะทำให้ออกซิเจนมีโอกาสละลายในน้ำได้มากขึ้น

ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ อีกส่วนหนึ่งได้มาจากการสังเคราะห์แสงของพืช และในทางกลับกันการหายใจของพืชก็ทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลงได้เช่นกัน โดยปกติแล้วการสังเคราะห์แสงของพืชนั้นจะอยู่ในระดับความลึกหรือบริเวณที่แสงสว่างส่องลงไปได้ถึงที่เรียกว่า ยูโฟติกโซน (Euphotic Zone) ส่วนในบริเวณชายฝั่งที่ไม่ลึกหรือลิโตรัลโซน (Litoral Zone) พวกรากพืชและแพลงค์ตอนพืชเป็นตัวให้ออกซิเจนแก่น้ำ

ในแหล่งน้ำตามธรรมชาติในวันที่มีท้องฟ้าโปร่ง อากาศเย็น บริเวณยูโฟติกโซนจะมีปริมาณออกซิเจนสูงสุดในเวลาบ่าย และต่ำสุดในเวลาใกล้รุ่ง ปริมาณการละลายของคาร์บอนไดออกไซด์จะเป็นส่วนกลับของออกซิเจน

1.2) ค่าออกซิเจนละลายเป็นพื้นฐานของค่าความต้องการออกซิเจน (Oxygen Demand) ซึ่งใช้สลายสิ่งสกปรกในน้ำ การเน่าสลายของอินทรีย์วัตถุต่างๆ โดยแบคทีเรียต้องการใช้ออกซิเจน ใช้เป็นดัชนีแสดงว่าน้ำแหล่งนั้นมีความเน่าเสียมากน้อยเพียงใด ถ้าความต้องการปริมาณออกซิเจนสูงมากแสดงว่าในน้ำมีอินทรีย์วัตถุที่เน่าสลายอยู่มาก และถูกแบคทีเรียทำการย่อยสลาย ซึ่งจะใช้ออกซิเจนในการนี้เป็นจำนวนมาก จึงทำให้ออกซิเจนในน้ำขาดแคลนได้จากการหายใจของสัตว์น้ำและพืชน้ำ โดยเฉพาะในตอนกลางคืน เมื่อขบวนการสังเคราะห์แสงหยุดลง ดังนั้นปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำจะค่อยๆ ลดลงจนถึงจุดต่ำสุดในช่วงตอนเช้าก่อนพระอาทิตย์ขึ้น และหากปรากฏว่าพืชน้ำมีปริมาณมากเกินไปก็จะเกิดปรากฏการณ์ขาดออกซิเจนในตอนเช้า และจะมีมากเกินพอในตอนบ่าย เนื่องจากการสังเคราะห์แสง การควบคุมปริมาณพืชน้ำ หรือแพลงค์ตอนจึงมีความจำเป็นเพื่อที่จะให้ปริมาณออกซิเจนเพียงพอสำหรับการดำเนินชีวิตประจำวัน ในบางระยะหากปรากฏว่าเกิดสภาพอากาศครึ้มฟ้าครึ้มฝน ไม่มีแสงแดดติดต่อกันหลายๆ วัน ก็อาจทำให้เกิดการขาดแคลนออกซิเจนในน้ำได้ เนื่องจากการสังเคราะห์แสงโดยพืชน้ำไม่สามารถทำได้เต็มที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง_พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2) หลักการหาค่าออกซิเจนละลาย

วิธีการวิเคราะห์ออกซิเจนละลาย ปัจจุบันนิยมปฏิบัติกัน 2 วิธี

2.1) การวัดค่าออกซิเจนละลายละลายในน้ำด้วยเครื่องวัดออกซิเจน (Oxygen Meter) หรือดีโอมิเตอร์ (Do Meter) สำหรับการใช้เครื่องมือนั้นนับว่าสะดวกรวดเร็ว โดยเฉพาะเมื่อมีตัวอย่างน้ำที่ต้องการวิเคราะห์เป็นจำนวนมาก หรือเมื่อต้องการออกซิเจนในระดับความลึกต่างๆ กันในแม่น้ำ หรืออ่างเก็บน้ำสามารถวัดปริมาณออกซิเจนละลายด้วยการใช้โพรบ จุ่มในน้ำไหลหรือแกว่งหัวโพรบถ้าวัดในน้ำนิ่ง และอ่านค่าความเข้มข้นของปริมาณออกซิเจนที่ละลายเป็นมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตรจากสเกลเครื่องวัด โดยอาศัยหลักการเทียบร้อยละของการละลายอิ่มตัวของแก๊ส ณ อุณหภูมิขณะวัดจากสเกลที่มีมาให้พร้อมเครื่อง หรืออ่านค่าออกซิเจนละลายออกมาเป็นมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตรได้โดยตรงและสามารถนำไปใช้งานในภาคสนามได้สะดวก เนื่องจากใช้ระบบไฟจากแบตเตอรี่ แต่มีเรื่องจำกัดในเรื่องของอุณหภูมิ ในแถบร้อนอุณหภูมิของน้ำมักจะสูง มีช่วงห่างของอุณหภูมิที่ปรับค่าของเครื่องมือไว้ แต่ขณะใช้งานจริงในประเทศแถบร้อน อุณหภูมิเฉลี่ยจะอยู่ประมาณ 20-28 องศาเซลเซียส หรือสูงกว่านั้น ซึ่งความไวของเครื่องจะลดลง โดยเฉพาะประสิทธิภาพของโพรบจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำและสารประกอบอื่นๆ ที่ละลายในน้ำก่อนที่จะนำไปทำการวัดต้องทำการเทียบค่ามาตรฐาน (Standardize) ของเครื่องมือโดยเทียบกับค่าที่ได้จากการวิเคราะห์โดยวิธีไทเทรตเสียก่อน อนึ่งเครื่องมือมีราคาแพงควรใช้ความระมัดระวังในการดูแลรักษาอีกด้วย

2.2) การวิเคราะห์ออกซิเจนละลายโดยใช้วิธีการเคมี เช่น วิธีเอไซด์โมดิฟีเคชันของไอโอโดเมตริก (Azide Modification Iodometric Method) ซึ่งเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ค่าออกซิเจนละลายในน้ำสกปรก เช่น น้ำคลอง น้ำในแม่น้ำเป็นต้น และวิธีโมดิไฟด์เอไซด์-วิงเกอร์ (Modified Azide-Winkler Method) ทั้งสองวิธีใช้หลักการเดียวกัน

หลักการวิเคราะห์ออกซิเจนละลาย ออกซิเจนในน้ำจะไปออกซิไดส์ (Mn^{2+})เป็น (Mn^{4+}) ภายใต้สภาพที่เป็นด่าง(Mn^{4+}) จะสามารถออกซิไดส์ไอโอไดส์ (I^-) ให้เป็นไอโอดีน (I_2) อิสระในสภาพที่เป็นกรดปริมาณของไอโอดีนอิสระที่ถูกขับออกมาจะสมมูลกับปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำตอนต้นและวัดด้วยการไทเทรตสารละลายไอโอดีนในน้ำด้วยสารละลายมาตรฐานของโซเดียมไทโอซัลเฟต $\left(Na_2S_2O_3\right)$ บอกผลของออกซิเจนที่ละลายในรูปมิลลิกรัมต่อลิตร

2.3.3 การวิเคราะห์อุณหภูมิ

ในกระบวนการทางอุตสาหกรรมโดยทั่วไปแล้วมักจะมีเงื่อนไขหรือสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิและความร้อนอย่างใกล้ชิดเสมอ เช่นถ้าแผ่นเหล็กเย็นจนเกินไปก็จะทำให้การปรับแต่งรูปได้ยาก ดังนั้นจึงพอจะกล่าวได้ว่าการตรวจวัดและการตรวจจับอุณหภูมิเป็นสิ่งที่มีความสำคัญมากสิ่งหนึ่งของตัวแปรในกระบวนการอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

43198

ความร้อนและอุณหภูมิ เรามักใช้คำทั้งสองนี้ร่วมกันเสมอๆ จนอาจทำให้เข้าใจได้ว่าสองคำนี้มีความหมายเหมือนกันถึงแม้ความเป็นจริงมันจะมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันอย่างใกล้ชิดก็ตาม แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าเราจะใช้สองคำนี้ทดแทนกันได้

อุณหภูมิเป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งของวัตถุที่เกี่ยวข้องกับพลังงานจลน์เฉลี่ยของอะตอม และโมเลกุลของวัตถุ แต่ความร้อนเป็นพลังงานรูปแบบหนึ่งซึ่งไม่ได้เป็นคุณสมบัติประจำตัวของวัตถุนั้นๆ เมื่ออะตอมหรือโมเลกุลของการสั่นไหวเคลื่อนที่ได้เร็วยิ่งขึ้นพลังงานจลน์พลังงานของมันก็มากขึ้นตามด้วย วัตถุนั้นก็จะร้อนขึ้นและมีอุณหภูมิสูงขึ้นด้วย ผลของความร้อนประการหนึ่งที่เห็นได้ชัดเจนก็คือ เมื่อความร้อนเคลื่อนที่เข้าสู่วัตถุใดๆ ก็ตามจะทำให้อุณหภูมิของวัตถุนั้นสูงขึ้น
หน่วยวัดอุณหภูมิที่นิยมใช้กันฟาเรนไฮต์ซึ่งถูกคิดค้นโดยนักฟิสิกส์ชาวเยอรมันชื่อ Gabriel Farenheit มีจุดเยือกแข็งของน้ำอยู่ที่ 32 องศาฟาเรนไฮต์ และจุดเดือดของน้ำอยู่ที่ 212 องศาฟาเรนไฮต์

เซลเซียสถูกคิดค้นโดยนักวิทยาศาสตร์ชาวสวีเดน ชื่อ Ander Celsius มีจุดเยือกแข็งของน้ำอยู่ที่0 องศาเซลเซียส และมีจุดเดือดของน้ำอยู่ที่ 100 องศาเซลเซียส ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยวัดอุณหภูมิแบบฟาเรนไฮต์ และแบบเซลเซียส ซึ่งสามารถแทนด้วยสมการต่อไปนี้

$$T^{\circ}F = \frac{9}{5}\left(C^{\circ} + 32\right) \tag{2.2}$$

$$T^{\circ}C = \frac{5}{9}\left(F^{\circ} - 32\right) \tag{2.3}$$

อุณหภูมิสัมบูรณ์ (Absolute Temperature) ถูกคิดค้นโดยนักฟิสิกส์ชาวสกอ็ตแลนด์ ชื่อ William Thomson, Lord Kelvin โดยขนาดองศาศูนย์ที่สมบูรณ์นั้นจะเป็นอุณหภูมิต่ำสุดที่เป็นไปได้ ณ ที่อุณหภูมินี้ทุกๆ โมเลกุลของสารจะหยุดนิ่งหมด ศูนย์สัมบูรณ์จะมีค่าเท่ากับ -273.15 องศาเซลเซียส

อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดอุณหภูมินั้นมีหลายชนิดด้วยกันโดยอุปกรณ์แต่ละชนิดจะอาศัยการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเฉพาะของสาร คือจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงที่วัดได้ เมื่ออุณหภูมิที่วัดเปลี่ยนแปลงไปและการเปลี่ยนแปลงที่วัดได้จะต้องคงที่และแน่นอนและต้องพิสูจน์ได้ ซึ่งหลักการที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิโดยทั่วไปนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็นดังนี้

1) อาศัยคุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงเชิงกล เช่น เทอร์โมมิเตอร์ แถบโลหะคู่

2) อาศัยการเปลี่ยนแปลงความดันก๊าซหรือไอ เช่น เทอร์โมมิเตอร์แบบความดัน

3) อาศัยการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางไฟฟ้า เช่น เทอร์โมคัปเปิล อาร์ทีดีและเทอร์มิสเตอร์

4) อาศัยการเปลี่ยนแปลงทางคุณสมบัติทางแสงหรือการแผ่รังสีเช่น ไพโรมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) อาศัยหลักการโดยวิธีทางเคมี เช่น ใช้วิธีการเปลี่ยนรังสีของอุปกรณ์ตรวจจับ

จากหลักการในการตรวจจับอุณหภูมิในหลายๆ วิธีดังกล่าว การตรวจจับอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางไฟฟ้าถูกนิยมนำมาใช้กันมากที่สุด เพราะสัญญาณที่ได้จากอุปกรณ์เหล่านี้สามารถนำไปต่อร่วมกับวงจรไฟฟ้าหรืออิเล็กทรอนิกส์เพื่อการแสดงผลในเชิงตัวเลข หรือควบคุมระบบกระบวนการที่ต้องการ

2.4 หลักการทำงานของเซนเซอร์

2.4.1 ไอซี DS1820

1) หลักการเบื้องต้นของไอซี DS1820

ไอซี DS1820 เป็นไอซีที่มีระบบการสื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบหนึ่งสายซึ่งถือได้ว่าเป็นระบบที่มีความชาญฉลาด และใช้จำนวนสายสัญญาณเพียง 1 เส้นเท่านั้น โดยไม่ต้องมีสายสัญญานนาฬิกามาควบคุมจังหวะการถ่ายทอดข้อมูลเหมือนกับระบบสื่อสารข้อมูลอนุกรมในแบบอื่น สายข้อมูลจะทำหน้าที่เสมือนเป็นสายสัญญาณนาฬิกาในตัว ส่วนค่าของข้อมูลจะพิจารณาจากลักษณะของรูปสัญญาณที่ปรากฏบนสายสัญญาณในแต่ละช่องของเวลาซึ่งเรียกว่า ไทม์สล็อต (Time Slot) โดยคาบเวลาต่ำสุดและสูงสุดของสถานะต่าง ๆ ในการสื่อสารข้อมูลในแต่ละไทม์สล็อตมีการกำหนดขอบเขตไว้อย่างชัดเจนการถ่ายทอดข้อมูลจะเกิดขึ้นในแต่ละไทม์สล็อตนั้น รูปแบบการถ่ายทอด ข้อมูลจะเป็นแบบอะซิงโครนัสในระดับบิต ไม่มีการกำหนดความยาวของข้อมูลเป็นระดับไบต์ระบบสื่อสารแบบนี้เหมาะที่จะใช้ในการสื่อสารข้อมูลระหว่างไอซีแผงวงจรเดียวกัน

2) การอินเตอร์เฟสผ่านสายเส้นเดียว

การเชื่อมต่อหรือการอินเตอร์เฟส (Interface) ระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ภายนอก โดยใช้จำนวนสายสัญญาณให้น้อยที่สุดได้มีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องจากหลายบริษัทผู้ผลิต เช่น การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่อพ่วงแบบอนุกรม (Serial Peripheral Interface, SPI) ในไมโครคอนโทรลเลอร์ 68HC1 ของโมโตโรลา การเชื่อมต่อแบบ SPI นี้ช่วยให้ ไมโครคอนโทรลเลอร์แลกเปลี่ยนข้อมูลกับอุปกรณ์ต่อพ่วงได้ด้วยความเร็วถึง 1 ล้านบิตต่อวินาที โดยใช้สายรับส่งสัญญาณเพียง 3 หรือ 4 เส้น รวมกับสายกราวด์อีกหนึ่งเส้น

3) คุณสมบัติ

3.1) สามารถ Interface โดยใช้สายสัญญาณเพียงเส้นเดียว

3.2) เพียงตัวเดียว สามารถวัดอุณหภูมิได้โดยไม่ต้องต่ออุปกรณ์ร่วม

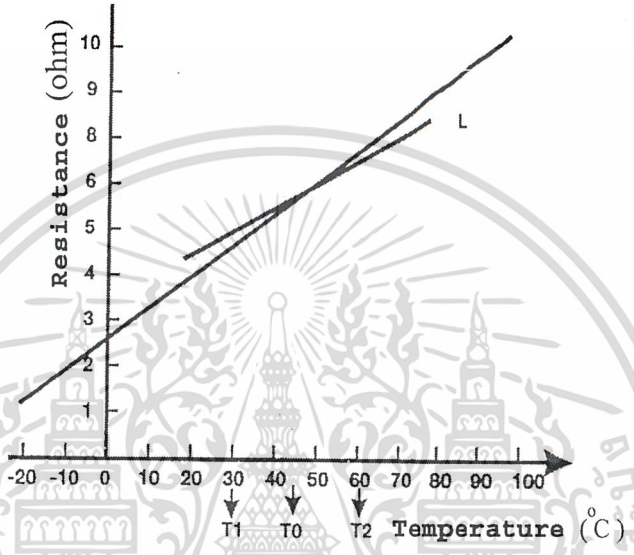
3.3) มีย่านวัดอยู่ที่ +125 ถึง -55°C

3.4) มีความละเอียดในการวัดได้ 0.5°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 อาร์ทีดี

อาร์ทีดี (RTD) เป็นคำย่อที่มาจาก Resistancs Temperature Detector ความหมายในภาษาไทย มีชื่อว่าอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับอุณหภูมิ โดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานทางไฟฟ้า โดยความต้านทานจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอุณหภูมิ ซึ่งได้แสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานและอุณหภูมิ

จากกราฟในรูปที่ 2.1 หากเราต้องการหาค่าความต้านทานที่อุณหภูมิใดๆ ก็สามารถทำได้โดยกำหนดจุดบนกราฟจากนั้นทำการลากเส้นจะได้ค่าความต้านทาน ณ จุดที่อุณหภูมินั้นๆ แต่โดยทั่วไปแล้วจะนิยมใช้วิธีการคำนวณ ทั้งนี้เนื่องมาจากหากย่านการวัดอุณหภูมิมีช่วงกว้างๆ มากจะไม่มีกราฟที่ให้หาความสัมพันธ์ดังกล่าว หรือถ้ามีก็ขาดความละเอียด

ดังนั้น สมการที่ใช้หาค่าความต้านทานแสดงได้ดังนี้

$$RT = R_{T0}\left[1 + \alpha_0 \Delta T \right. \tag{2.4}$$

โดยที่ RT = ความต้านทานที่อุณหภูมิใดๆ

R_{T0} = ความต้านทานที่อุณหภูมิ T0 หรืออุณหภูมิอ้างอิง

Δ_T = T-T0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

α_0 = สัมประสิทธิ์ของการเปลี่ยนแปลง ค่าความต้านทานต่อค่าของ α_0 สามารถหาค่าได้จากค่าความต้านทานและอุณหภูมิ คือ

$$\alpha_0 = \frac{1}{R_{T0}} \times (Slope\text{ที่ }_{To}) \qquad (2.5)$$

แทนค่า $$\alpha_0 = \frac{1}{R_{T0}} \times \frac{(R_2 - R_1)}{(T_2 - T_1)}$$

เมื่อ

R_1 = ค่าความต้านทานที่ T_1

R_2 = ค่าความต้านทานที่ T_2

ค่าสัมประสิทธิ์ของความต้านทาน (α) จะเปลี่ยนแปลงไปตามชนิด ของโลหะที่ใช้ทำอาร์ทีดี เช่น ที่ย่านวัดอุณหภูมิ 0°C ถึง 100°C พลาตินัม 0.0039 Ω/Ω°C , นิเกิล 0.0067 Ω/Ω/°C และทองแดง 0.0038 Ω/Ω/°C

ในทางปฏิบัติค่าของ (α) ของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแต่ละช่วง ซึ่งจะแปรผันไม่เป็นเส้นตรง ในห้องปฏิบัติการมาตรฐานที่ต้องการค่าที่แน่นอน สามารถใช้ได้โดยใช้สมการ 2.6

$$RT = R_{T0}\left(1 + \alpha_1 \Delta_T + \alpha_2 (\Delta_T)^2\right) \qquad (2.6)$$

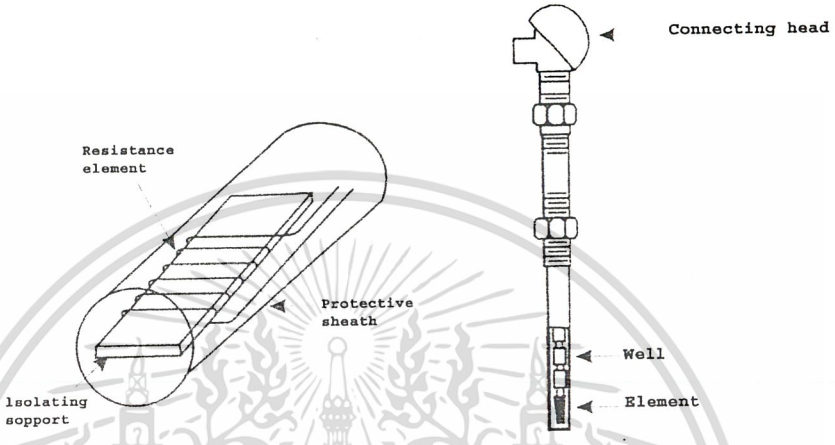
ค่า α_1 และ α_2 เป็นค่าที่ได้จากการทดลอง ซึ่งในทางปฏิบัติการนำไปใช้งานค่านี้ทางบริษัทผู้ผลิตอาร์ทีดีเป็นผู้กำหนดให้

2.4.3 โครงสร้างของอาร์ทีดี

อาร์ทีดีทำด้วยโลหะที่มีความยาวค่าหนึ่ง ซึ่งจะทำให้เกิดค่าความต้านทานที่ต้องการอุณหภูมิ 0°C ลวดโลหะดังกล่าวนี้พันอยู่รอบแกนที่เป็นฉนวนไฟฟ้า และมีคุณสมบัติทนต่อความร้อน แกนที่ใช้ส่วนใหญ่ทำมาจากสารประเภทเซรามิก สิ่งที่ต้องคำนึงถึงเป็นพิเศษในกระบวนการผลิตอาร์ทีดีคือขณะที่ใช้งานขดลวดนี้ต้องทนต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตลอดจนการสะเทือนทั้งนี้เนื่องมาจากเมื่อขดลวดได้รับความร้อนจะขยายตัวและเมื่อเย็นตัวลงจะหดตัว พร้อมกันนี้แกนที่ใช้พันขดลวดต้องมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวที่มีความสัมพันธ์กับการขยายตัวของขดลวดจะนิยมทำกันในขณะที่ขดลวดร้อนจนถึงอ่อนตัวหลังจากนั้น จะต้องผ่านกระบวนการรอบความร้อนคลายความเครียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Strin) ที่อยู่ในขดลวดอุณหภูมิด้วยอุณหภูมิอย่างน้อย 500°C เป็นเวลานานถึง 24 ชั่วโมง โดยทั่วไปจะถูกบรรจุอยู่ในฝักโลหะ (Sheath) ฉนวนที่ใช้จะเป็นแมกนีเซียมออกไซด์หรืออลูมิเนียมออกไซด์ ช่วงที่มีผลต่อการวัด โดยตรงจะอยู่บริเวณส่วนปลายอาจมีความยาว 0.5 - 2.5 นิ้ว



รูปที่ 2.2 โครงสร้างและการติดตั้งใช้งาน

อาร์ทีดีทั่วไปแล้วทำมาจากโลหะที่มีความต้านทานต่ำ เช่น พลาตินัม ทองแดง และนิเกิล สำหรับทังสเตนจะใช้เป็นอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิที่ต้องการย่านวัดสูงๆ แต่เนื่องจากมันเปราะและแตกหักง่ายจึงไม่ค่อยนิยมนำมาใช้งาน ส่วนโลหะที่นิยมนำมาใช้ทำอาร์ทีดีและให้ผลตอบสนองที่ค่อนข้างจะเป็นเส้นตรงก็คือพลาตินัม และได้แสดงคุณสมบัติของ อาร์ทีดีที่ทำมาจากโลหะประเภทต่างๆ ในการที่จะนำอาร์ทีดีไปใช้งานนั้นจำเป็นต้องต่อร่วมกันกับแหล่งจ่ายไฟดังนั้นจึงเป็นเหตุให้มีกระแสจำนวนหนึ่งสร้างความร้อนขึ้นในตัวอาร์ทีดี ซึ่งมีค่าเท่ากับ I^2R จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องจำกัดค่ากระแสจำนวนนี้ไม่ให้มีค่าสูงเกินไป โดยปกติอาร์ทีดีแบบพลาตินัมจะเกิดค่าความผิดพลาดขึ้น 1/2°C ต่อค่ากระแสเลี้ยง 1 มิลลิแอมป์ ในอากาศปกติที่ไม่มีการถ่ายเท แต่ในภาวะการใช้งานที่จะต้องจุ่มในของเหลว ค่าความร้อนที่เกิดขึ้นจะกระจายออกสู่ของเหลวทำให้ค่าผิดพลาดนี้ต่ำลง ซึ่งทั้งนี้เกิดจากความเร็วในการไหลความหนาแน่นของตัวกลาง แต่อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอันเนื่องมาจากความร้อนนี้ สามารถแสดงได้ตามสมการที่ 2.7

$$\Delta_T = \frac{P}{Po} \tag{2.7}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

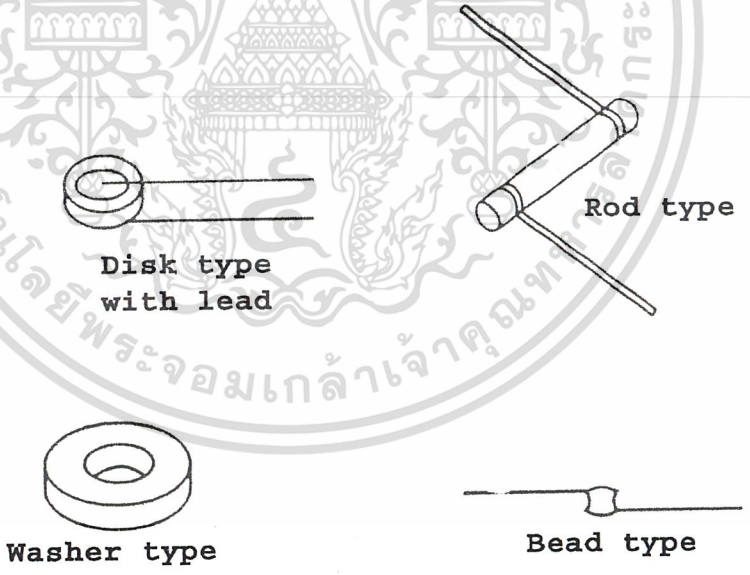
โดยที่ Δ_T คือ อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากความร้อนในตัว

P คือ กำลังความร้อนในอาร์ทีดีจากวงจร

Po คือ กำลังความร้อนสูญเสียคงที่ของอาร์ทีดี

2.4.4 เทอร์มิสเตอร์

เป็นอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิที่อาศัยการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานเช่นเดียวกับ อาร์ทีดี แต่เทอร์มิสเตอร์ทำมาจากคาร์บอนและสารกึ่งตัวนำ เช่นออกไซด์ของโลหะนิเกิล โคบอลต์ เหล็ก ทองแดง เยอมาเนียม แมกนีเซียม และไทเตเซียม ซึ่งส่วนใหญ่มักจะนิยมใช้ออกไซด์ของแมงกานีสกับทองแดงและออกไซด์ของนิเกิลกับทองแดง สัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์จะมีค่าที่สูง เช่นเทอร์มิสเตอร์บางตัวอาจเปลี่ยนค่าความต้านทาน 156 Ω เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปเพียง 1 0°C เท่านั้น แต่ข้อสำคัญที่ทำให้เทอร์มิสเตอร์ต่างจากอาร์ทีดี คือการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานจะกลับกันกับอาร์ทีดีกล่าวง่ายๆ ก็คือค่าความต้านทานจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นซึ่งทั้งนี้เนื่องมาจากคุณสมบัติของสารกึ่งตัวนำนั่นเอง ดังรูปที่ 2.3 แสดงตัวอย่างของเทอร์มิสเตอร์ในรูปแบบต่างๆ

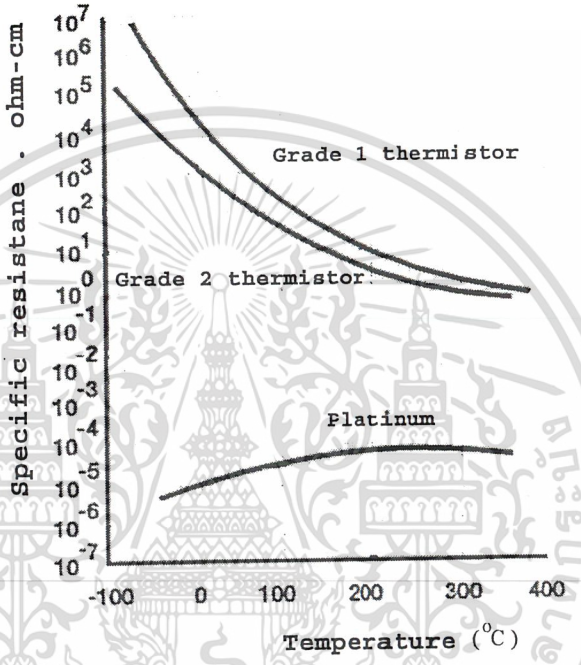


รูปที่ 2.3 เทอร์มิสเตอร์ในรูปแบบต่างๆ

การที่เทอร์มิสเตอร์มีสัมประสิทธิ์ของการเปลี่ยนแปลงสูงนี้เองทำให้ย่านการวัดอุณหภูมิแคบ โดยทั่วไปจะใช้ในย่านต่ำกว่า 100°C แต่ก็มีบางแบบเหมือนกันที่สามารถวัดได้ถึง 45°C แต่อย่างไรก็

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามในย่านอุณหภูมิต่ำๆ เทอร์มิสเตอร์สามารถใช้งานได้ดี แต่ควรระวังในเรื่องความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานต่ออุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์ให้ดี เนื่องจากความสัมพันธ์ดังกล่าวไม่ได้เป็นเส้นตรงมากนัก จึงจำเป็นที่ต้องเลือกใช้งานเฉพาะในบางช่วงที่มีความสัมพันธ์ค่อนข้างเป็นเส้นตรง



รูปที่ 2.4 กราฟคุณสมบัติของเทอร์มิสเตอร์เปรียบเทียบกับ RTD

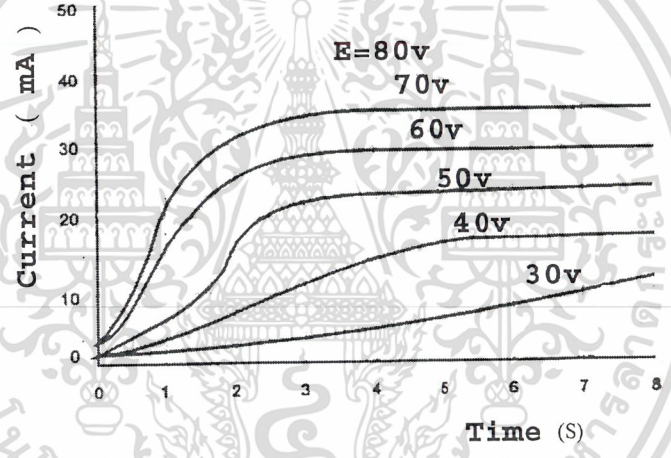
เมื่อนำเทอร์มิสเตอร์มาใช้งานร่วมกับวงจรไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมที่ตัวมันจะเพิ่มขึ้นตามกระแสที่ไหลผ่านที่เพิ่มขึ้น แต่เมื่อมาถึงที่จุดๆ หนึ่ง แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมนี้จะลดลงในขณะที่กระแสก็ยังเพิ่มอยู่เรื่อยๆ สาเหตุที่เกิดลักษณะนี้ เพราะคุณสมบัติของเทอร์มิสเตอร์มีค่าความต้านทานเป็นลบนั่นเอง ถ้าแรงดันที่ป้อนให้เทอร์มิสเตอร์มีค่าน้อย กระแสก็จะมีค่าน้อยตามไปด้วย ดังนั้นความร้อนที่เกิดขึ้นจากกระแสนี้ยังมีไม่เพียงพอที่จะทำให้อุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์มีค่าสูงตามอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมในขณะนั้นได้ ภายใต้สภาวะเช่นนี้ กระแสจะเป็นสัดส่วนกับแรงดันไฟฟ้าตามกฎของโอห์ม

เมื่อแรงดันที่ป้อนให้กับเทอร์มิสเตอร์มีค่าสูงขึ้น ทำให้กระแสสูงตามไปด้วยจึงทำให้เกิดความร้อนส่งผลให้อุณหภูมิเทอร์มิสเตอร์สูงเกินกว่าอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมในขณะนั้นและค่าต้านทานของเทอร์มิสเตอร์จะลดลงซึ่งผลอันนี้จะทำให้กระแสไหลมากขึ้นและค่าความต้านทานยังคง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลดลงเรื่อยๆ ค่ากระแสนี้จะค่อยๆ เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งค่าสูญเสีย (Dissipation) ของเทอร์มิสเตอร์มีค่าเท่ากับพลังงาน หรือกำลังที่ป้อนให้ภายใต้สภาพแวดล้อมอุณหภูมิที่คงที่ค่าความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์จะเป็นฟังก์ชั่นกับพลังงานที่สิ้นเปลืองไปภายในตัวของมันเองนั่นก็หมายความว่าจะต้องมีพลังงานอย่างเพียงพอที่จะทำให้อุณหภูมิของมันมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิของสภาพแวดล้อม

ในรูปที่ 2.5 แสดงให้เห็นถึงคุณลักษณะของกระแสกับเวลาของเทอร์มิสเตอร์ กล่าวคือ กระแสจะมีค่าสูงสุดเมื่อเวลาผ่านไปเพียงเล็กน้อย แต่ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับขนาดของแรงดันไฟที่จ่ายให้ด้วย เมื่อเกิดความร้อนขึ้นในตัวเทอร์มิสเตอร์ มักจะใช้เวลาชั่วขณะหนึ่งที่ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น และกระแสจะมีค่าคงที่ซึ่งในช่วงเวลาดังกล่าวนี้ถือได้ว่าเป็นเวลาที่ใช้ในการตอบสนองนั้นเอง แต่อย่างไรก็ตาม ช่วงเวลานี้จะแปรผันไปตามแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้



รูปที่ 2.5 กราฟคุณลักษณะของกระแสกับเวลาของทรานสมิสเตอร์

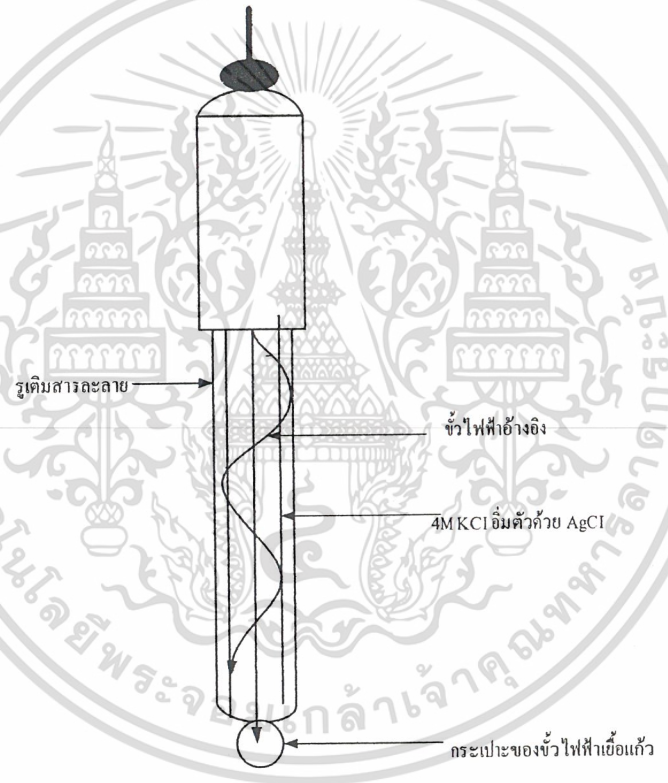
เนื่องจากสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงของเทอร์มิสเตอร์มีค่าสูง การใช้เทอร์มิสเตอร์ต่อร่วมกับวงจรบริดจ์เหมือนอาร์ทีดีนั้น ทำให้เราสามารถอ่านค่าได้ละเอียดมากในช่วงอุณหภูมิแคบๆ โดยสามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิแม้เพียง $0.005^{\circ}C$ เท่านั้น ดังนั้นวงจรการวัดโดยทั่วไปจึงหันมาใช้วงจรแบ่งแรงดัน (Voltage Divider) และสายที่ต่อจากเทอร์มิสเตอร์มายังวงจรก็ไม่มีส่วนสร้างความผิดพลาดในการวัดเหมือนกับอาร์ทีดี

นอกจากการใช้เทอร์มิสเตอร์เป็นตัววัดอุณหภูมิโดยตรงแล้วยังสามารถนำมาเป็นตัวชดเชยการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ให้ทำงานถูกต้องได้ตลอดเวลา แม้ว่าอุณหภูมิของอากาศจะเปลี่ยนแปลงไปบ้างก็ตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.5 หัววัดค่า pH

หัววัดค่าพีเอชมักจะเป็นหัวแก้วอิเล็กโทรด (Glass Electrode) ซึ่งเป็นขั้วที่ทำให้แรงดันไฟฟ้า โดยแปรตามปริมาณความเข้มข้น (H^+) ของสารละลาย และถูกส่งต่อไปให้วงจรวัดค่าแรงดันไฟฟ้านั้น จากนั้นจึงแปลงเป็นค่า pH อีกครั้งหนึ่งที่หัววัดประกอบไปด้วยหลอดแก้วชนิดพิเศษซึ่งมีความไวต่ออิออน (H^+) ภายในขั้วบรรจุสารละลายบัฟเฟอร์ ซึ่งมีค่า pH คงที่ (ประมาณ pH7) อยู่ตลอดเวลา สารละลาย KCI อิ่มตัวในสารละลายนี้มีขั้วไฟฟ้าจุ่มอยู่ ขั้วไฟฟ้ามักทำด้วยโลหะเงิน ซึ่งจะฉาบด้วย Silver Chloride ดังรูปที่ 2.6

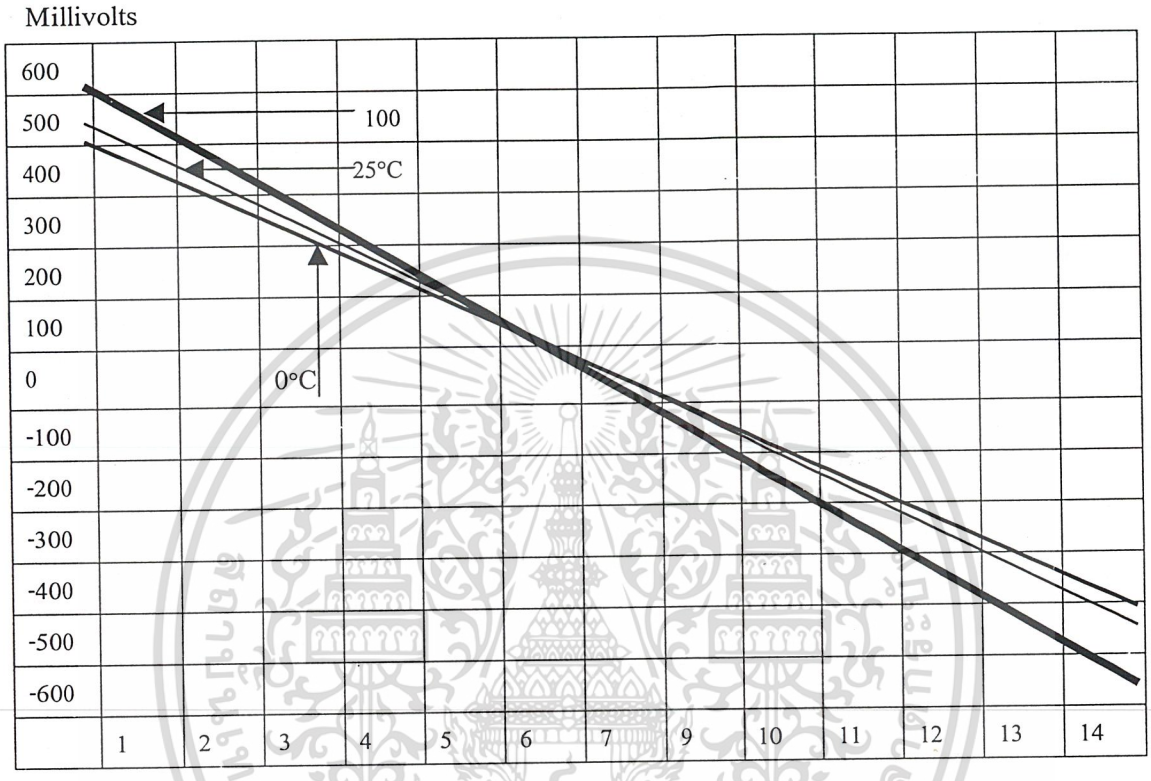


รูปที่ 2.6 หัววัดค่า pH Typical Glass Measuring Electrode

การทำงานของหัววัดเป็นดังนี้ เมื่อหัววัดถูกจุ่มลงในสารละลายที่จะทำการวัดค่า pH จะเกิดศักย์ไฟฟ้าขึ้นระหว่างผิวทั้งสองด้าน ของหลอดแก้วซึ่งกั้นระหว่างสารละลายบัฟเฟอร์ (Buffer Solution)ภายในหลอดแก้ว กับสารละลายภายนอกหลอดแก้วนั้น ศักย์ไฟฟ้านี้จะแปรตามอัตราส่วนของความเข้มข้นของอิออน (H^+) ของสารละลายทั้งสอง ถ้าสารละลายมีค่า pH เท่ากับศักย์ไฟฟ้านี้จะมีค่าเป็นศูนย์ ถ้าสารละลายที่วัดมีความแตกต่างของ pH มากกว่า 7.0 ศักย์ไฟฟ้าจะมีค่าเป็นลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และในทางตรงกันข้ามถ้าสารละลายมี pH น้อยกว่า 7.0 ศักดิ์ไฟฟ้าจะมีค่าเป็นบวก ศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นระหว่างแก้วกับความเข้มข้นของอิออน (H^+)



รูปที่ 2.7 กราฟความสัมพันธ์ของค่า pH กับแรงดันไฟฟ้า

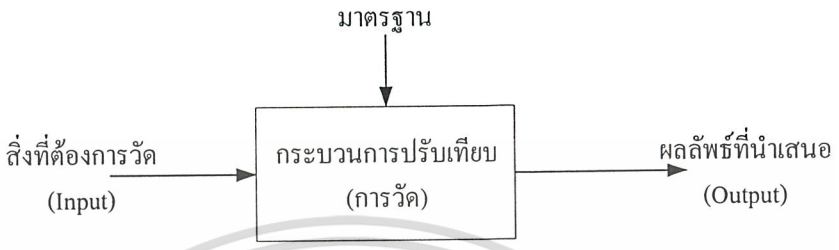
pH Meter ใช้ได้กว้างขวางมากแม้แต่กับน้ำตัวอย่างซึ่งขุ่นหรือกับน้ำเสียก็ตาม นี้เป็นข้อดีของ pH Meter ข้อควรระวังคือการรักษา Electrode อุณหภูมิก็มีผลต่อการวัด เพราะการเปลี่ยนแปลงของ Potential ต่อหน่วย pH จะแปรผันกับอุณหภูมิจะตัดปัญหาได้เพราะสามารถชดเชยอุณหภูมิได้

2.5 การวัด

เป็นพื้นฐานสำหรับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทุกสาขา การวัดเกี่ยวข้องอย่างใกล้ชิดในชีวิตประจำวันมนุษย์ ในความเป็นจริงแล้วได้มีการพัฒนารูปแบบและหลักการของการวัดขึ้นมาจากอดีตพร้อมๆ กับวิวัฒนาการของมนุษย์ที่มีการค้นพบหรือศึกษาปรากฏการณ์ทางธรรมชาติๆ เพื่อใช้ในการดัดแปลงหรือควบคุมธรรมชาติให้เอื้ออำนวยต่อชีวิตความเป็นอยู่ของมนุษย์ รวมไปถึง

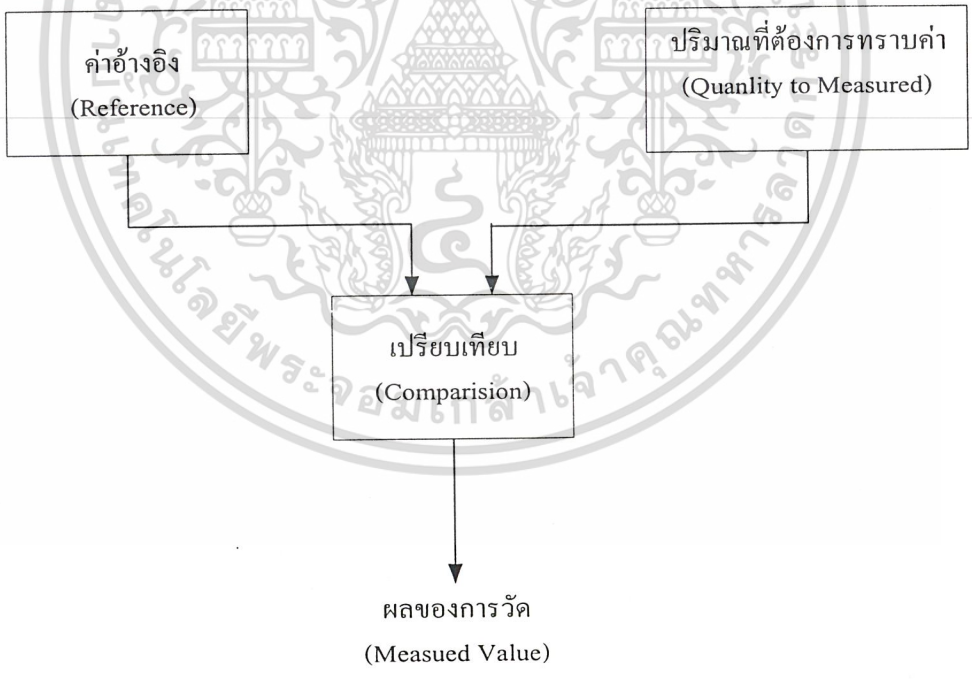
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการควบคุมการผลิตในงานอุตสาหกรรม สิ่งเหล่านี้ไม่ว่าจะมองในด้านคุณภาพ ปริมาณ หรือความสะดวกปลอดภัย จะต้องอาศัยการวัดที่ละเอียดถูกต้องเป็นพื้นฐาน ไม่ว่ากระบวนการที่ได้กล่าวถึงนั้น จะง่ายหรือสลับซับซ้อนเพียงใดก็ตาม ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 หลักการวัด

2.5.1 องค์ประกอบการวัดเบื้องต้น



รูปที่ 2.9 องค์ประกอบการวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ความหมายของการวัด

การวัด หมายถึง การเปรียบระหว่างปริมาณที่ทราบค่า กับค่าอ้างอิงซึ่งได้แสดงดังแผนผังการทำงานดังรูปที่ 2.9

2) ศัพท์เทคนิคต่างๆ ที่ใช้ในการวัดอุตสาหกรรม (Terminology)

2.1) Range คือ ขีดจำกัดที่อุปกรณ์การวัดสามารถอ่าน หรือบันทึกค่าได้ ซึ่ง Range แบ่งออกได้ดังนี้

2.1.1) Lower Range Value คือ ค่าต่ำสุดที่อุปกรณ์การวัดนั้นสามารถปรับลงมาอ่านได้ หรือทำการบันทึกค่าได้

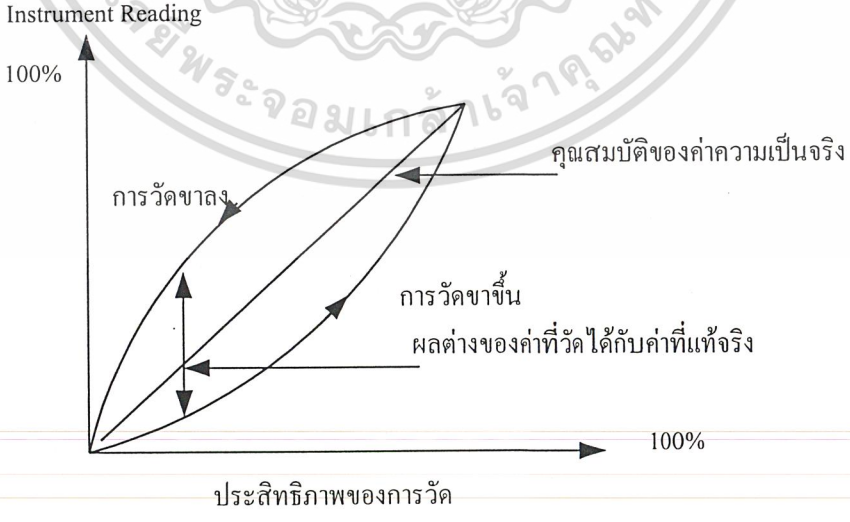
2.2.2) Upper Range Valueคือ ค่าสูงสุดที่อุปกรณ์การวัดนั้นสามารถปรับขึ้นไปอ่านค่าได้

2.2) Span คือ ผลต่างของ Upper Range Value กับ Lower Range Value

2.3) Accuracy คือ ค่าที่อ่านได้จากอุปกรณ์การวัดเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานที่ยอมรับหรือค่าที่แท้จริง โดยทั่วไปจะแสดงมาในรูปของความผิดพลาด (Error) ในหน่วยของการวัดเป็น % ของ Span หรือ % ของ Upper Range

2.4) Repeatability คือ ค่าความใกล้เคียงของค่าที่อ่าน ได้จากอุปกรณ์การวัดที่วัดติดๆ กันจำนวนหลายๆ ครั้ง ภายใต้เงื่อนไขการวัดแบบเดียวกัน

2.5) Hysteresis คือ ผลต่างสูงสุดของค่าที่อ่านได้จากอุปกรณ์การวัด ได้จากค่าที่แท้จริงระหว่างการอ่านขาขึ้นกับการอ่านขาลงที่จุดๆ เดียวกัน



รูปที่ 2.10 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการวัดกับค่าที่อ่านได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Hyteresis เกิดขึ้น เนื่องจากการได้รับพลังงานของชิ้นส่วนอุปกรณ์การวัดจำนวนหนึ่งก่อนที่จะมีการเปลี่ยนแปลง หรือเคลื่อนไหว

2.5.2 รูปแบบของการวัดในทางปฏิบัติ

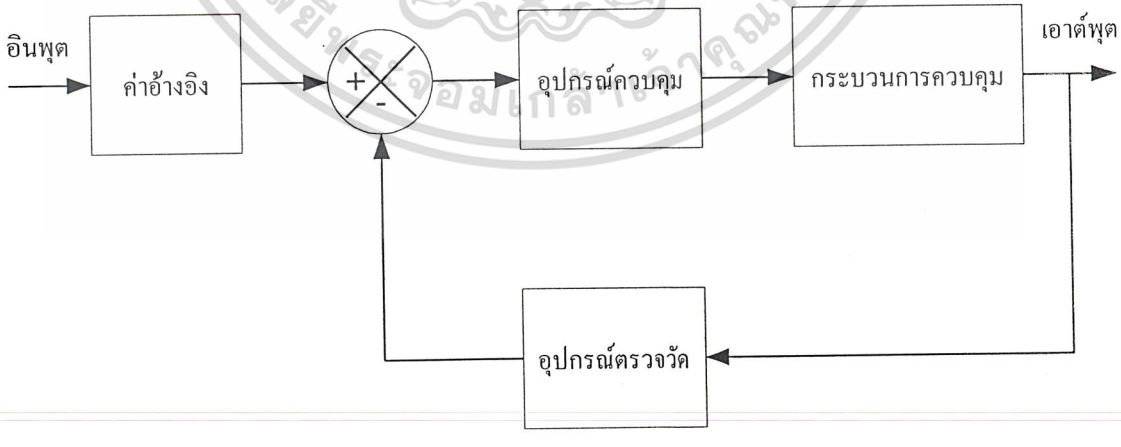
คือการเปรียบเทียบกับมาตรฐานซึ่งมาตรฐานนี้เป็นตัวแทนทางกายภาพของหน่วย (Unite) ของการวัดที่ใช้ ซึ่งนั่นคือขนาดของาตรฐานของคุณสมบัติโดยทั่วไปในทางวิทยาศาสตร์กายภาพค่าตัวเลขที่ให้แก่ค่าที่วัดจะแสดงอัตราส่วนของขนาดต่อคุณสมบัติต่อมาตรฐานซึ่งถือว่าเป็นหนึ่ง ดังนั้นมาตรฐานจะต้องมีคุณสมบัติเดียวกับคุณสมบัติของวัตถุที่จะวัด นอกจากนั้นมาตรฐานนี้จะต้องเป็นที่ยอมรับด้วย ซึ่งมีวัตถุประสงค์ของการวัด มีดังต่อไปนี้

1) การวัดได้มาซึ่งความรู้

ซึ่งจะเห็นได้ว่าความรู้ต่างๆ ทีเกี่ยวกับโลกทางกายภาพ เราจะได้รับผ่านทางขั้นตอนทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งความรู้ดังกล่าวจะแทนคุณสมบัติของวัตถุหรือเหตุการณ์ที่ถูกวัด ถ้าหากมีการรวบรวมจัดลำดับเป็นหมวดหมู่ ก็สามารถที่จะทดลองหลายๆ ครั้ง ความเข้าใจและความมั่นใจ จะทำให้เกิดผลที่แสดงในรูปกฎทางวิทยาศาสตร์

2) การวัดเพื่อการควบคุม

การวัดจะช่วยในการควบคุมระบบซึ่งต้องทำการวัดหลายๆ ครั้งโดยทำซ้ำๆ กัน ระบบดังกล่าวได้เพิ่มจำนวนของการใช้ ตั้งแต่การควบคุมกระบวนการและการควบคุมการผลิตเครื่องจักรกลถึงเครื่องใช้ภายในบ้าน เราจะพบว่าในสายงานการผลิตสมัยใหม่จะใช้อุปกรณ์การวัดเป็นจำนวนมากขึ้นตามรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 การวัดเพื่อการควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 ชนิดและวิธีการวัด

แม้ว่าการวัดทุกชนิด สามารถทำโดยการเปรียบเทียบค่าที่ต้องการวัดกับมาตรฐานที่ได้มีการนิยามไว้ แต่ก็มีหลายวิธีของการเปรียบเทียบดังกล่าว เพื่อให้ได้มาซึ่งค่าที่ต้องการจากการวัดนอกจากนั้นแล้วการที่เรานิยามคำที่เกี่ยวกับวิธีทำการวัดจะช่วยให้เราสื่อสารแนวคิดโดยใช้คำที่ยอมรับโดยทั่วไป ซึ่งการวัดแบ่งเป็น 2 ชนิดคือ

1) การวัดโดยตรง (Direct Comparison)

เป็นวิธีการที่เราได้ค่าการวัดโดยตรงโดยไม่จำเป็นต้องทำการคำนวณเพิ่มเติม เพียงแต่อาศัยความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณที่ต้องการวัดกับปริมาณอื่นที่เราต้องวัดจริง ค่าที่ต้องการก็จะได้ทันทีในรูปของข้อมูลเดิม

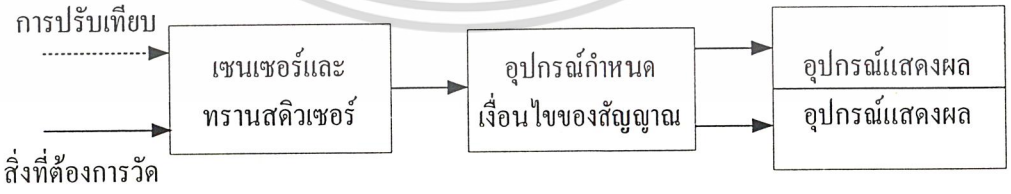
2) การวัดโดยทางอ้อม (Indirect Comparison)

เป็นการวัดที่เราจะได้ค่า โดยผ่านตัวกลางที่มีหน่วยที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งเชื่อมต่อกันในบางลักษณะ เช่นวิธีการวัดระยะโดยใช้เวลาการเคลื่อนที่ของพัลซ์เป็นวิธีทางอ้อม เนื่องจากต้องมีการคำนวณหาระยะทางจากความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนพัลซ์กับการเคลื่อนที่ ซึ่งมีข้อสังเกตอยู่เกี่ยวกับการวัดทางอ้อมคือ ผลลัพธ์สุดท้ายนั้นจะได้มาจากการวัดโดยตรงหลายๆ ปริมาณ

2.5.4 ระบบการวัดโดยทั่วไป

ในงานอุตสาหกรรมจะใช้วิธีการวัดทางอ้อมเป็นส่วนใหญ่ และมักจะประกอบไปด้วยส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วนคือ

1) ส่วนที่ใช้ในการตรวจจับและเปลี่ยนแปลงรูปแบบของพลังงาน
2) ส่วนที่ใช้กำหนดเงื่อนไขของสัญญาณ
3) ส่วนที่ใช้ในการนำเสนอ



รูปที่ 2.12 ระบบการวัดทั่วไป

1) ภาคอุปกรณ์ตรวจจับและเปลี่ยนแปลงรูปแบบพลังงาน

ส่วนนี้เป็นส่วนแรกของระบบการวัดโดยทั่วไป ซึ่งมีหน้าที่วัดคุณสมบัติทางวิทยาศาสตร์ของสิ่งที่ต้องการตรวจวัด จากนั้นจึงเปลี่ยนคุณสมบัติเหล่านั้นให้อยู่ในรูปของพลังงานหรือสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ส่วนอื่นต่อไป ซึ่งในที่นี้ก็คือ ส่วนที่ใช้ในการกำหนดเงื่อนไขของสัญญาณสามารถตอบสนองได้ตัวอย่างเช่น เทอร์โมคัปเปิลถือว่าเป็นทรานดิวเซอร์ชนิดหนึ่งที่สามารถเปลี่ยนพลังงานความร้อนให้อยู่ในรูปพลังงานทางไฟฟ้า เป็นต้น

2) ภาคอุปกรณ์กำหนดเงื่อนไขสัญญาณ

ข้อมูลหรือสัญญาณจากส่วนแรกจะถูกส่งมาที่ส่วนนี้ เพื่อทำการปรับปรุงและกำหนดเงื่อนไขของสัญญาณก่อนที่จะส่งไปให้ภาคต่อไป การปรับปรุงและกำหนดเงื่อนไขของสัญญาณก่อนที่จะส่งไปให้ภาคต่อไป การปรับปรุงและการกำหนดเงื่อนไขของสัญญาณเป็นอย่างไร เช่น หากสัญญาณที่มาจากส่วนแรกมีสัญญาณรบกวนหรือสัญญาณมีระดับต่ำเกินไป ก็จะเป็นหน้าที่ของส่วนนี้ในการกำจัดสัญญาณรบกวน หรือทำการขยายสัญญาณให้มีระดับสูงขึ้นหากสัญญาณมีระดับต่ำเกินไป

3) ภาคเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์

เป็นภาคที่มีความสำคัญและเป็นส่วนแรกของระบบการวัด เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับ หรือวัดค่าคุณสมบัติทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ เช่น ความร้อน แสง สี เสียง ระยะทาง การเคลื่อนที่ ความดันและการไหลเป็นต้น จากนั้นจึงเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของข้อมูลที่สอดคล้องและเหมาะสมกับส่วนของการกำหนดเงื่อนไขทางสัญญาณ เซนเซอร์จะใช้กับอุปกรณ์ที่สามารถสร้างสัญญาณที่มีความสัมพันธ์กับค่าหรือปริมาณของสิ่งที่ต้องการตรวจวัด โดยอาจเป็นสัญญาณชนิดเดียวกัน หรือต่างชนิดกันก็ได้ ส่วนทรานสดิวเซอร์ก็คือ เซนเซอร์นั่นเอง

แต่อย่างไรก็ตาม ในระบบการวัดจะใช้ทรานสมิตเตอร์เพิ่มเข้าไปในเซนเซอร์ เพื่อทำการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของพลังงานให้บรรลุวัตถุประสงค์ตามต้องการ เพราะฉะนั้นเซนเซอร์ก็คือทรานสดิวเซอร์ ถือว่าไม่ผิดแต่ประการใด

2.6 การปรับเทียบ

การปรับเทียบ เป็นกระบวนการนำค่าที่วัดได้โดยเครื่องวัดไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่มีความถูกต้องสูงกว่าเพื่อตรวจสอบ และกำจัดค่าผิดพลาดด้วยการปรับแต่งรวมถึงการรายงานค่าความแม่นยำ (Accuracy) ของเครื่องวัดนั้นๆ

การปรับเทียบ เป็นกระบวนการที่ต้องใช้ผู้ที่ซึ่งถูกฝึกมาอย่างชำนาญ เครื่องมือที่ใช้อ้างอิงต้องมีความถูกต้องสูงโดยจะกระทำภายใต้ขั้นตอนและเงื่อนไขที่กำหนด

2.6.1 ความถี่ในการปรับเทียบ

การทำการปรับเทียบเครื่องมือวัด จำเป็นเมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) เครื่องวัดถึงกำหนดที่ต้องปรับเทียบ

2) เมื่อเกิดความสงสัยในการถูกต้อง หรือเมื่อนำเครื่องมือวัดไปใช้งานผิดพลาด หรือไม่ถูกต้องกับชนิดของงาน

3) หลังจากการซ่อม

2.6.2 ช่วงระยะเวลาในการปรับเทียบ

ปกติแล้ว ช่วงเวลาการปรับเทียบจะมีระยะเวลาตามที่ผู้ผลิตแนะนำ นั่นคือ

1) 24 ชั่วโมง : ระยะเวลาสั้น (Short Term)

2) 30 วัน : เครื่องมือบางชนิด

3) 90 วัน : เป็นที่นิยมที่สุด สำหรับมาตราฐาน เช่น 2558, 2506A

4) 1 ปี : ความถูกต้องต่ำที่สุด เช่น แอนะลอกมิเตอร์

2.6.3 กรณีต้องการกำหนดระยะเวลาการปรับเทียบเอง

ถ้าต้องการกำหนดระยะเวลาการปรับเทียบเองสามารถใช้ข้อเสนอ 2 ข้อต่อไปนี้ไปประกอบเพื่อความเหมาะสม ประหยัด และมีประสิทธิภาพ ดังนี้

1) กำหนดตามประสบการณ์ ได้แก่ กำหนดระยะเวลาการปรับเทียบ ตามความสำคัญของเครื่องวัดแต่ละชนิดจากประสบการณ์หากเป็นเครื่องวัดที่ไม่เคยมีประสบการณ์ให้กำหนดระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดของเครื่องมือวัดอื่นๆ ทั่วไป หรืออาจกำหนดตามโรงงานอื่นโดยให้สั้นกว่าข้อมูลที่ได้มาเล็กน้อย

2) กำหนดตามข้อมูลต่างๆ

2.1) ค่าความแม่นยำที่ต้องการ (ผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ มาก กลาง น้อย)

2.2) ขบวนการผลิต (ผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ มาก กลาง น้อย)

2.3) จำนวนครั้งต่อระยะเวลา (ทุกๆ เดือน เดือนละหลายๆ ครั้ง หรือนานๆ ครั้ง)

2.4) สภาพ (เก่า กลาง ใหม่)

2.5) ความแข็งแรง (น้อย ปกติ มาก)

2.6) การบำรุงรักษา (ยาก ปกติ ง่าย)

สำหรับเครื่องวัดที่ได้รับการปรับเทียบแล้ว ควรจะมีป้ายบอกที่จะต้องทำการปรับเทียบในครั้งต่อไปติดไว้ที่ตำแหน่งที่เห็นได้ง่ายและป้ายที่ใช้ ถ้าแยกสีโดยแยกออกจากชนิดของเครื่อง เดือนที่ทำการปรับเทียบ สถานที่ที่ทำการปรับเทียบก็จะทำให้ใช้งานสะดวกมากขึ้น

2.6.4 การปรับเทียบโดยอาศัยเครื่องมือที่ปรับเทียบ

Traceability เป็นคำศัพท์เทคนิคที่ผู้เชี่ยวชาญทางปรับเทียบ ของ NBS (National Bureau of Standard) ของอเมริกาเป็นผู้เริ่มใช้ โดยย่อมาจาก Traceability of Calibrate to NBS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Traceability หมายถึงการที่เครื่องมือวัดมาตรฐานหรือเครื่องมือวัดปกติที่มีอยู่ในหน่วยงานทั่วไปสืบทอดมาตรฐานที่ประเทศและนานาชาติรับรองไว้ รวมถึงการสร้างระบบที่เหมาะสมในการสอบเทียบเครื่องมือวัดตั้งแต่เครื่องวัดมาตรฐานที่ประเทศรับรองจนถึงเครื่องวัดที่ใช้ทั่วไป และการรักษาระบบนั้น

2.6.5 การปรับเทียบโดยอาศัยเครื่องมือที่ปรับเทียบ

1) ระบบการปรับเทียบจะต้องเป็นลักษณะห่วงโซ่ เครื่องมือวัดทุกตัวในห่วงโซ่ทุกอย่างต้องถูกปรับเทียบ โดยเครื่องวัดที่มีความถูกต้องสูงกว่าเสมอ

2) ต้องมีเอกสารที่แสดงว่าเครื่องวัดนั้นๆ ถูกปรับเทียบโดยเครื่องวัดมาตรฐานซึ่งสืบทอดความถูกต้องมาจากมาตรฐานของประเทศอีกทอดหนึ่ง

3) ต้องมีหลักฐานชัดเจนที่แสดงความต่อเนื่องของห่วงโซ่

2.6.6 ความสำคัญของการปรับเทียบ

การปรับเทียบ (Calibration) ถือว่าเป็นอีกชนิดหนึ่งของการปรับเทียบ ดังนั้นในกระบวนการผลิตใดๆ ที่เราต้องการความแน่นอนในการใช้งาน มันจะขึ้นอยู่กับค่าความแม่นยำ (Accuarcy) และค่าความถูกต้อง (Repeatability) ในการวัดของเครื่องมือวัดอุตสาหกรรมจะช่วยให้เกิดความมั่นใจในการทำงานของขบวนการผลิตที่ทำให้เกิดความปลอดภัยในการทำงาน เพื่อผลผลิตจะได้มีมาตรฐานทางคุณภาพตามที่ได้กำหนดไว้

ดังนั้น การปรับเทียบ คือ การทำให้ค่าที่วัดถูกต้อง และแม่นยำ ตลอดจนการเปรียบเทียบค่าของอินพุต และค่าเอาต์พุตของค่ามาตรฐาน (Input Output Standard) หลังจากการพิจารณาผลของการเปรียบเทียบถ้าหากว่าเครื่องมือวัดเกิดความผิดพลาด ก็จะสามารถทำให้เหมือนเดิมและถูกต้องได้ โดยการปรับเทียบอันที่จะต้องสร้างตัวแปรของขบวนการที่จะทำการวัดขึ้น ซึ่งวิธีนี้จะเป็นขั้นตอนการปรับเครื่องมือวัดเพื่อให้เกิดความถูกต้อง แต่ส่วนใหญ่จะทำมาจากโรงงานผู้ผลิตตามคุณลักษณะที่กำหนดไว้แล้ว การปรับเทียบเครื่องมือวัดอุตสาหกรรมสามารถเปลี่ยนแปลงไปตามค่าพารามิเตอร์ของกระบวนการหรือของอุปกรณ์ต่างๆ ได้ซึ่งตามปกติจะต้องมีตารางการปรับเทียบเป็นประจำ ทั้งนี้เพื่อป้องกันปัญหาที่จะเกิดขึ้นตามมา

เครื่องมือวัดทางอุตสาหกรรม คือ อุปกรณ์ที่ใช้ทำการวัดและใช้ระบบควบคุม ถ้าหากว่ามีอุปกรณ์เครื่องมือวัดตัวใดตัวหนึ่งมีคุณลักษณะที่กำหนดไว้อย่างถูกต้อง ก็สามารถที่จะทำให้ระบบทั้งหมดในกระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพมากขึ้นตามไปด้วย

เครื่องมือวัดอาจจะต้องมีการปรับเทียบเป็นประจำตามที่กำหนดไว้ เพราะเวลาในการใช้งานจริง ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในขบวนการผลิต,วัสดุที่นำมาใช้ ตลอดจนสภาพแวดล้อมเป็นเหตุในการที่จะต้องทำการปรับเทียบเครื่องมือวัดเป็นประจำ อย่างไรก็ดีโดยทั่วไป การปรับเทียบจะต้องทำภาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากการที่ปิดเครื่องแล้ว ในกรณีนี้ถึงแม้ว่าเครื่องมือวัดจะถูกปรับเทียบมาจากโรงงานแล้วก็ตาม แต่ในระหว่างการขนส่ง อาจจะทำให้เครื่องมือวัดมีความผิดพลาดไปได้ ในกรณีที่ต้องการเปลี่ยนเครื่องมือวัดใหม่จะต้องทำการปรับเทียบก่อนทุกครั้ง ความสัมพันธ์ระหว่างค่าต่างๆ สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ถ้าหากว่าตำแหน่งของการติดตั้งเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยทั่วไปเครื่องมือวัดควรทำการปรับเทียบ ณ ตำแหน่งที่ติดตั้งเพื่อความถูกต้องในการทำงานของระบบควบคุม

2.6.7 การจำลองสัญญาณที่ใช้ในการปรับเทียบเครื่องมือวัด

1) ตำแหน่งของเครื่องมือวัดในขบวนการผลิต และความสัมพันธ์ที่ถูกต้องตัวอุปกรณ์ในการตั้งค่าของอินพุตมาตรฐาน (Input Standard)

2) ความเหมาะสมของค่าเอาต์พุตมาตรฐาน (Output Standard)

3) การไหลของกระแสไฟฟ้าซึ่งต้องมีความถูกต้อง

4) การเชื่อมต่อจะต้องถูกต้อง ทั้งระบบลมและระบบกระแสไฟฟ้าหรือระบบอื่นๆ

2.6.8 เงื่อนไขของการปรับเทียบ

1) องค์ประกอบต่างๆ ของขั้นตอนการปรับเทียบ

การปรับเทียบเครื่องมือวัด ประกอบด้วยสัญญาณทางอินพุตที่จะแทนค่าในกระบวนการตลอดจนจะต้องอ่านค่าสัญญาณทางเอาต์พุตที่จุดต่างๆ กันให้ตลอดย่านของเครื่องมือวัดที่นำมาปรับเทียบ วิธีที่ดีที่สุดคือการตรวจสอบ 5 จุด ในทางด้านตำแหน่งสูง (Up Scale) และตำแหน่งต่ำ (Down Scale)

การทดสอบจะดูจากกราฟที่ได้และจะต้องทราบค่าผิดพลาดของเครื่องมือวัดว่าเป็นอย่างไร ขั้นตอนต่อไปในการปรับเทียบคือ กำหนดจุดในการปรับเทียบโดยใช้กราฟของเครื่องมือวัดเป็นตัวที่จะพิจารณา สุดท้ายการปรับเทียบต้องทำการตรวจสอบ 5 จุดอีกครั้งเพื่อความแน่ใจ

2) วิธีการในการตรวจสอบการปรับเทียบเครื่องมือวัด

การปรับเทียบเครื่องมือวัดจะต้องเริ่มต้นจากการตรวจสอบ 5 จุด จากตำแหน่งสูงสุด (Upscale) ซึ่งมีความจำเป็น ที่ต้องอาศัยข้อมูลที่สำคัญเป็นพื้นฐาน (Base Line Data) ในการกำหนดค่าต่างๆ

ขั้นตอนนี้จะเริ่มต้นจากการกำหนดจุดทดสอบ 5 จุดให้เหมาะสม เพื่อที่จะได้ครอบคลุมย่านการวัดอินพุต (Input Range) ของเครื่องมือวัดที่จะนำมาทดสอบที่ตำแหน่ง 10%, 30%, 50%, 70% และ90% ของย่านการวัดอินพุตของเครื่องมือวัดที่จะนำมาทดสอบ ถึงแม้ว่าจุดทดสอบอื่นๆ มีความจำเป็นที่อาจจะนำมาใช้ และมีความสำคัญเพื่อต้องการให้ครอบคลุมถึง 50% ของจุดทดสอบตลอดจนค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของจุดทดสอบต้องมีความแน่นอนในการทดสอบได้หลังจากกำหนดจุด

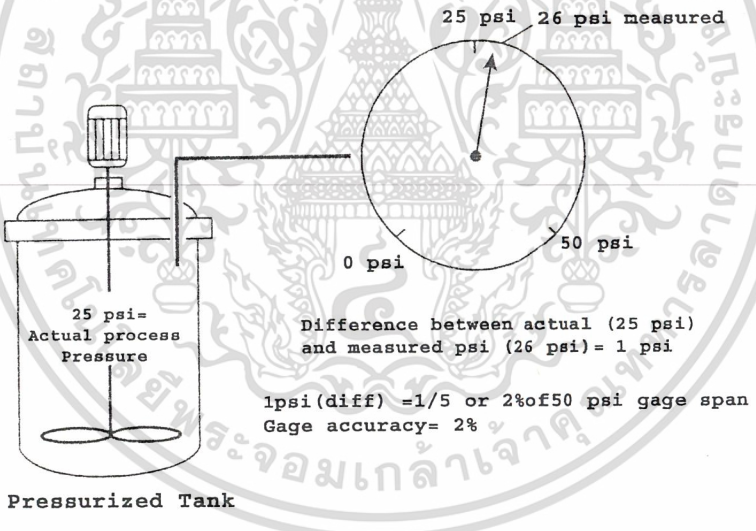
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดสอบแล้วค่าที่เกิดขึ้นทางเอาต์พุตต้องเป็นค่าที่สามารถคำนวณได้อีกด้วย ซึ่งถ้าพิจารณาจากตัวอย่างในเรื่อง

ทรานสมิตเตอร์วัดความดัน (Pressure Transmitter) จะเห็นได้ว่ามีสัญญาณเอาต์พุตอยู่ระหว่าง 4-20 มิลลิแอมป์ (Span ซึ่งมีค่าเป็น 16 มิลลิแอมป์) และมีย่านสัญญาณอินพุต (Input Singnal Range) อยู่ระหว่าง 0-200 psi (Span 200 psi) เพื่อจะนำมาเปรียบเทียบหลังจากเตรียมอุปกรณ์ต่างๆ จากในหัวข้อ 2.6.8 ให้กำหนดจุดทดสอบ 5 จุด ดังนี้คือ 20 psi, 60 psi, 100 psi, 140 psi และ180 psi จากนั้นเราก็สามารถคำนวณหาสัญญาณทางเอาต์พุตได้คือ 5.6 มิลลิแอมป์, 8.8 มิลลิแอมป์, 12 มิลลิแอมป์, 1.2มิลลิแอมป์ และ18.4 มิลลิแอมป์ ถ้าหากเราหาค่าอินพุตที่ไม่ถูกต้อง Base Line ทางเอาต์พุตจะอ่านออกมาทางด้าน Up Scale จากนั้นให้บันทึกค่าลงบนตารางข้อมูล

2.6.9 ความแม่นยำและความถูกต้องในการปรับเทียบ

1) ความหมายและความสำคัญของความแม่นยำในการปรับเทียบของขบวนการผลผลิต



รูปที่ 2.13 การนำทรานสมิสเตอร์วัดความดันในแทงค์

เครื่องมือวัดต่างๆ จะถูกปรับเทียบมาเรียบร้อยแล้ว และทำให้มีค่าความแม่นยำเกิดขึ้นตามความต้องการคุณสมบัติของเครื่องวัดที่มาจากโรงงานผลิต ซึ่งค่าความแม่นยำจะบอกได้ถึงค่าที่วัดได้นั้นมีความถูกต้องมากน้อยเพียงใด

จากค่าย่านการวัดของทรานสมิตเตอร์วัดความดัน (Pressure Transmitter) ที่ได้กล่าวมาแล้วว่ามีค่าเท่ากับ 50 psi แต่ในขณะนั้นทรานสมิตเตอร์วัดค่าความดันในแทงค์ได้ 26 psi แต่ในความเป็นจริงค่าความดันในแทงค์มีค่าเท่ากับ 25 psi ซึ่งทำให้เกิดผลต่างระหว่างค่าที่วัดได้กับค่าจริงเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวน 1 Psi ดังรูปที่ 2.13 สามารถพูดได้ว่าทรานสมิตเตอร์ ตัวนี้วัดค่าได้ถูกต้องไม่เกิน 1 Psi แต่อย่างไรก็ตามกรณีนี้เราถือว่าเป็นสิ่งสำคัญของการวัดที่ผิดพลาดไม่ได้ ส่วนมากค่าความแม่นยำเราจะคิดอยู่ในรูปเปอร์เซ็นต์ของย่านการวัดจากค่าความแตกต่าง 1 psi นี้ จากความดันจริง 25 psi นั้นทำให้เราทราบว่าค่าความแม่นยำเท่ากับ 2 psi (เพราะว่า 1 psi คือ 2% ของ 50 psi Span) จากค่าความแม่นยำ 2%ของเกจ แสดงว่าค่าที่วัดได้จะไม่มากไปกว่า 2 psi ในการวัดที่ 100 psi จากตัวอย่างนี้ถ้าเครื่องมือวัดที่มาจากบริษัทผู้ผลิตกำหนดคุณลักษณะไว้ว่า มีค่าความแม่นยำ 1% แต่จากการนำมาใช้งานแล้ว ค่าความแม่นยำมีค่าเปลี่ยนแปลงไปจากที่บริษัทกำหนดมา เราจึงจำเป็นที่ต้องทำการปรับเทียบหรืออาจต้องซ่อมแซม หรือเปลี่ยนแปลงเครื่องมือวัดตัวใหม่

2) วิธีการคำนวณค่าความแม่นยำ

ในการคำนวณหาค่าความแม่นยำของเครื่องมือวัดต่างๆ เราสามารถคำนวณย่านการวัดให้อยู่ในรูปของเปอร์เซ็นต์ของย่านการวัดได้คือ

$$ย่านการวัด = \frac{ค่าความแตกต่างระหว่างค่าจริงกับค่าที่วัดได้}{ค่า\ Span} \times 100 \qquad (2.7)$$

เมื่อ Span คือ ผลต่างของค่าสูงสุดที่อุปกรณ์การวัดอ่านได้ กับค่าสูงสุดที่อุปกรณ์การวัดอ่านได้

เช่นเกจความดันมีย่านวัดที่ 200 psi นำไปใช้วัดค่าความดันในแทงค์ที่มีค่าความดัน 100 psi แต่อ่านค่าจากเกจวัดความดันได้ 105 psi ให้คำนวณหาค่า Accuracy ของความดันเกจ

ค่าความแตกต่าง (5 psi) ระหว่างค่าจริงกับค่าที่วัดได้ (100 psi และ 105 psi) จะถูกหารด้วยย่านการวัด (200 psi) ผลลัพธ์ที่ได้ก็คือ 5/20 = 0.025 จากนั้นนำไปคูณกับ 100 เพื่อเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของเปอร์เซ็นต์ เพราะฉะนั้นค่าความแม่นยำของความดันเกจจึงเท่ากับ 2.5% จากความดันของทรานสมิตเตอร์ ได้แสดงถึงสภาวะความดันแตกต่างเพียงเล็กน้อยแต่สำหรับความดันที่แตกต่างของทรานสมิตเตอร์ เราสามารถคำนวณหาค่าความแม่นยำได้จากการเปรียบเทียบความแตกต่างของสัญญาณทางอินพุตกับสัญญาณทางเอาต์พุต

ค่าความแตกต่างนี้เราเรียกว่าค่าความหันเห (Deviation) สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาค่าความแม่นยำของทรานสมิตเตอร์วัดความดัน (Pressure Transmitter) มีดังนี้

$$ค่าความแม่นยำ = \frac{ค่าความหักเห}{ค่า Span} \times 100\% \qquad (2.8)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างเช่น ถ้าความดันอินพุต 25 psi ป้อนเข้าทรานสมิตเตอร์วัดความดัน และถ้าย่านการวัดของสัญญาณเกจเท่ากับ 50 psi ต้องการให้ค่าทางเอาต์พุต 50% ของสัญญาณย่านการวัดอินพุต ถ้าทรานสมิตเตอร์วัดความดันตัวนี้จะมีการผลิตสัญญาณทางเอาต์พุต 4-20 มิลลิแอมป์ (ย่านการวัด = 16 มิลลิแอมป์) ก็ควรที่จะอ่านค่าจาก มิลลิแอมป์มิเตอร์ ได้ 12 มิลลิแอมป์ แต่ในความเป็นจริงเกิดอ่านค่าจากมิลลิแอมป์มิเตอร์ได้เป็น 13.6 มิลลิแอมป์ ซึ่งจะทำให้เกิดค่าความแตกต่างระดับสัญญาณทางอินพุต กับสัญญาณทางเอาต์พุตเท่ากับ 1.6 มิลลิแอมป์

ดังนั้น เราสามารถคำนวณหาค่าความแม่นยำของ ทรานสมิตเตอร์การวัดความดันจากสูตรที่ 2.7 ดังนี้ $\frac{1.6}{16} = 0.1$ นำผลลัพธ์ที่ได้นั้นมาคูณกับ 100 เพื่อทำให้เป็นเปอร์เซ็นต์ซึ่งผลสุดท้ายความแม่นยำจะเท่ากับ 10% ดังนั้นทรานสมิสเตอร์วัดความดันนี้ สามารถทำงานอยู่ภายในค่าของความแม่นยำ 10% ได้แต่ถ้าหากค่าเกินกว่านี้ ก็ต้องทำการปรับเทียบใหม่ หรือทำการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ใหม่

3) ความหมาย และความสำคัญในเรื่องอัตราการขยายของเครื่องมือวัดอุตสาหกรรมในการเปรียบเทียบ

ถึงแม้ว่าความแม่นยำของเครื่องมือวัดสามารถปรับเทียบได้จากสูตรที่ได้ก็ตามค่า ความแม่นยำของเครื่องมือวัดแต่ละตัวสามารถที่จะปรับเทียบให้ถูกต้องได้ จากตัวประกอบอื่นได้อีก

ดังนั้นอัตราการขยาย (Gain) คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงทางเอาต์พุตซึ่งการเปรียบเทียบ กับการเปลี่ยนแปลงทางอินพุตซึ่งอัตราการขยายนี้ เป็นตัวประกอบที่ใช้ในการหาค่าในการปรับเทียบของเครื่องมือวัดที่ถูกต้อง

Transmitter Gain สามารถคำนวณได้จาก

$$\text{อัตราการขยาย} = \frac{\text{สัญญาณสูงสุดของเอาต์พุต}}{\text{สัญญาณสูงสุดทางอินพุต}} \qquad (2.9)$$

ตัวอย่าง ทรานสมิตเตอร์มีย่านการวัดอินพุท $0\,^{\circ}C$ -$500\,^{\circ}C$ และ สัญญาณเอาต์พุตมีค่าเท่ากับ 4-20 มิลลิแอมป์ ส่วนย่านการวัดอินพุต = $500\,^{\circ}C$

จากตัวอย่างนี้จะเห็นได้ว่า ค่ากระแสจากเอาพุตจะมีการเปลี่ยนแปลงไป ก็ต่อเมืออุณหภูมิที่อินพุตเกิดการเปลี่ยนแปลงไปทุกๆ องศา ดังตารางที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ค่าของ Rang, Span, Gain

	Transmitter A	Transmitter B	Transmitter C
Range	100°-300°	100 °-500°	100° - 700 °
Span	200 °	400°	600 °
Gain	0.08mA/องศา	0.04mA/องศา	0.03mA/องศา

จากตารางที่ 2.3 เห็นได้ว่าค่าอัตราการขยายนี้มีผลโดยตรงต่อการปรับเทียบ จากตารางที่ 2.3 แสดงค่าของ Range , Span , Gain และ ค่าสัญญาณ ของทรานสมิตเตอร์วัดอุณหภูมิทั้ง 3 ตัวจะเห็นว่าค่า อัตราการขยายสูงสุดคือ ค่าอัตราส่วนที่ต่ำสุดของย่านการวัดของย่างการวัดอินพุตกับย่านวัดเอาต์พุต โดยที่อัตราการขยายสูงสุดสามารถเปลี่ยนแปลงได้ เพื่อทำให้เครื่องมือวัดมีการเปรียบเทียบที่ถูกต้องเพราะว่าในการเปลี่ยนแปลงอินพุตแต่ละครั้งนั้น จะมีผลอย่างมากและสามารถมองเห็นการเปลี่ยนแปลงได้ง่ายกว่าทางเอาต์พุต

เมื่อเราเปรียบเทียบเครื่องมือวัดแบบแอนะลอกกับแบบดิจิตอลจะเห็นว่า เครื่องมือวัดแบบดิจิตอลจะสามารถอ่านค่าได้มากกว่า เพราะสามารถอ่านค่าได้โดยตรงตลอดจนมีความถูกต้องมากกว่าแบบแอนะลอกเนื่องจากการอ่านที่ง่ายกว่า ซึ่งหมายถึงค่าความแม่นยำในการวัดที่ดี ค่าความแม่นยำของการเปรียบเทียบจะขึ้นอยู่กับอัตราการขยายของเครื่องมือวัด ดังนั้นถ้าหากว่าเครื่องมือมีอัตราการขยายสูง ก็สามารถทำให้การวัดค่าได้ถูกต้องแม่นยำมากขึ้น แต่ค่าอัตราการขยายจะขึ้นอยู่กับย่านการวัดอินพุตด้วย ซึ่งสามารถพูดได้ว่าค่าความแม่นยำขึ้นอยู่กับ ย่านการวัดอินพุตด้วย

4) ความสำคัญของมาตรฐานในการปรับเทียบของกระบวนการผลิต

การคำนวณหรือการวัดจะถูกต้องแม่นยำได้ ต้องมีการเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานและค่ามาตรฐานในการวัดก็เป็นหนึ่งในหลายๆ อย่างของมาตรฐาน ซึ่งกำหนดมาตราฐานโดยองค์กรระหว่างประเทศ เช่น ISA และ NIST และอื่นๆ ก็กำหนดมาจากโรงงานผู้ผลิตก็ได้ แต่ส่วนมากก็ต้องมีการสอบเทียบกับค่ามาตรฐานที่กำหนดโดย NIST ก่อน ซึ่งในสมัยก่อนจะใช้มาตรฐานของ The Nation Bureau of Standard เครื่องมือมาตรฐานเหล่านี้ก็จะเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการปรับเทียบอุปกรณ์ประเภททดสอบ และอุปกรณ์ทดสอบนี้ก็จะเป็นเครื่องมือในการปรับเทียบเครื่องมือในขบวนการผลิตอีกต่อหนึ่งด้วย

ค่าความแม่นยำนี้ มีความสำคัญอย่างยิ่งในกระบวนการผลิต ระบบทั้งหมดจะขึ้นอยู่กับความถูกต้อง ตลอดจนความแม่นยำของเครื่องมือวัด เพื่อแน่ใจได้ว่า ค่าที่วัดได้นั้นมีความถูกต้อง

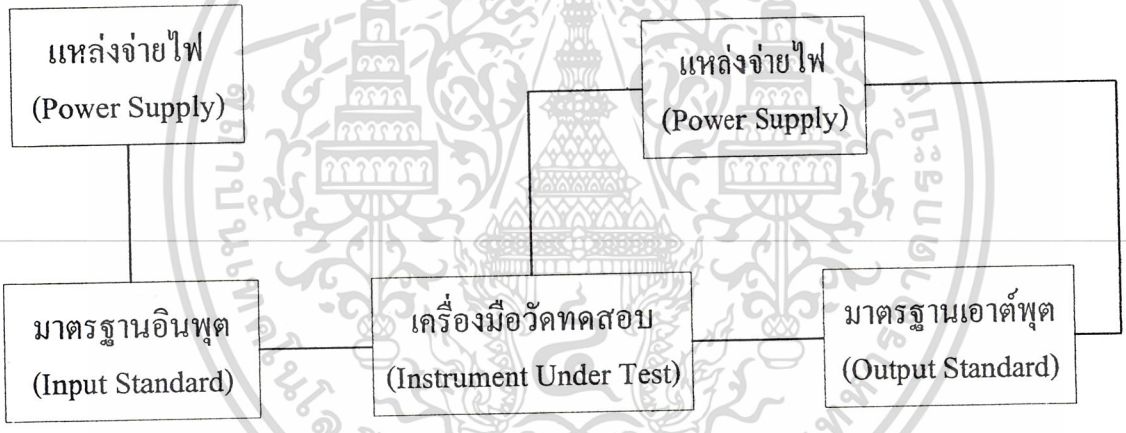
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อสามารถนำไปใช้ในการหาค่าพารามิเตอร์ของกระบวนการที่ถูกต้องต่อไป

5) การทดสอบอุปกรณ์และการตั้งค่าในการปรับเทียบ

จากรูปที่ 2.14 สามารถให้คำจำกัดความของคำว่าการปรับเทียบเครื่องมือ หมายถึงการตรวจสอบและปรับเครื่องมือวัดให้มีความถูกต้องในระบบนั้นๆ การปรับเทียบจะต้องสัญญาณทางอินพุตขึ้นมาแทนสัญญาณจริงๆ ทั้งนี้เพื่อป้อนเข้าทางอินพุตของเครื่องมือวัด

ก่อนอื่นต้องทำความเข้าใจก่อนว่า เครื่องมือวัดที่นำมาปรับเทียบนั้นมีหลักการทำงานอย่างไร วิธีการที่จะเข้าใจได้ง่ายที่สุดคือ การดูจากสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของเครื่องมือวัด จากแผนผังการทำงานได้แสดงวิธีการตั้งค่าเพื่อทดสอบทรานสมิตเตอร์วัดอุณหภูมิในแต่ละบล็อก ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการปรับเทียบวงจรปิดนั้น ในกรณีทดสอบภายใต้เครื่องมือวัด (Instrument Under Teat) ก็คือทรานสมิตเตอร์วัดอุณหภูมิ ที่เราต้องการนำมาปรับเทียบนั่นเอง



รูปที่ 2.14 การทำงานของเครื่องมือวัดที่นำมาปรับเทียบ

การทดสอบตั้งค่า (Test Setup) นั้น เราจะต้องเตรียม แหล่งกำเนิดอินพุต (Input Source)ที่ทราบค่าไว้ เราเรียกว่า อินพุตมาตรฐาน (Standard Input) ซึ่งจะต้องเป็นรูปแบบเดียวกันกับเครื่องมือที่จะต้องนำมาเปรียบเทียบ เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบนี้จะต้องมีการรับรองการเปรียบเทียบโดยสถาบัน NIST

การเลือกเครื่องมือที่ใช้ในการเปรียบเทียบนี้เราจะเลือกอินพุตมาตรฐาน เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบทรานสมิตเตอร์อุณหภูมิ (Temperature Calibrator) ปรับเทียบ ทรานสมิตเตอร์ เหล่านี้อันเป็นเครื่องที่สร้างสัญญาณขึ้นมา เพื่อที่จะเป็นมาตรฐานทางอินพุตทั้งนี้เพื่อป้องกันให้ทรานสมิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เตอร์วัดอุณหภูมิ ในการปรับเทียบค่าเอาต์พุตมาตรฐานของเครื่องปรับเทียบ จำเป็นต้องกำหนดให้แน่นอน เพื่อต้องการที่จะทราบค่าที่วัดจากเอาต์พุต ซึ่งในกรณีนี้เครื่องปรับเทียบจะต้องผ่านการรับรองการปรับเทียบจากสถาบัน NIST

ในการทดสอบค่ามาตรฐานทางเอาต์พุตของเครื่องมือปรับเทียบ ทำให้ทรานสมิตเตอร์มีค่าทางเอาต์พุตที่ถูกต้องตามไปด้วย ทั้งนี้สามารถทำการตรวจสอบคุณลักษณะ (Spec) จากโรงงานว่าทรานสมิตเตอร์วัดอุณหภูมิ มีค่าย่านเอาต์พุต (Output Range) เป็น 4-20 มิลลิแอมป์ หรือไม่

อินพุตและเอาต์พุตมาตรฐานมีข้อที่ต้องพิจารณาในการปรับเทียบเครื่องมือวัดคือ ในเรื่องความเหมาะสมของแหล่งจ่ายของอุปกรณ์แต่ละอย่างสำหรับการตั้งค่า (Setup) เช่น การปรับเทียบอุณหภูมิ ต้องใช้แหล่งจ่าย 110 V ส่วนทรานสมิตเตอร์วัดอุณหภูมิต้องใช้แหล่งจ่ายในการทำงานซึ่งโดยส่วนมากจะจ่ายออกมาจากตัวประมวลผล (Controller) คือ 24 VDC ส่วนแหล่งจ่ายที่ใช้กับเครื่องมือวัดค่าทางเอาต์พุตมาตรฐานในกรณีนี้จะเป็นมิลิแอมป์มิเตอร์ ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดกระแสมาตรฐานโดยใช้ไฟ 110V เอาต์พุตของเครื่องมือวัดจะต่ออยู่ในลักษณะอนุกรมกับค่าทางเอาต์พุตมาตรฐานและแหล่งจ่ายในวงจรอนุกรมนี้จะเป็นส่วนที่จะป้อนแหล่งจ่าย และใช้ในการวัดสัญญาณทางเอาต์พุตจากทรานสมิตเตอร์ด้วยพร้อมๆกัน

6) ความสำคัญในการหาและการใช้ อินพุต/เอาต์พุต ให้เหมาะสมและอุปกรณ์มาตรฐานในการปรับเทียบ

ในกรณีที่อินพุตและเอาต์พุตมาตรฐาน ถูกกำหนดไว้อย่างเหมาะสมซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อผลในการปรับเทียบเครื่องมือวัดนั้นๆ ก็คือตัวประกอบต่างๆ ที่เกิดขึ้น ซึ่งเราต้องพิจารณาจากรูปแบบของทรานสมิตเตอร์วัดความดันในกรณีของการปรับเทียบ ซึ่งต้องหาความสัมพันธ์ของอินพุตมาตรฐานจากการปรับเทียบความดัน ส่วนมิลิแอมป์มิเตอร์จะใช้สำหรับวัดกระแสทางเอาต์พุต

สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการปรับเทียบเครื่องมือวัดทางอุตสาหกรรมคือ จะต้องสร้างสัญญาณให้เหมือนกระบวนการของจริงในงานอุตสาหกรรมทางอินพุตของเครื่องมือวัด การวัดความดันสามารถทำได้ โดยตรงจุดต่อระหว่างแหล่งจ่ายและระบบลมจะต้องสะอาดและแห้งทั้งนี้เพื่อป้อนให้กับความดันเพื่อปรับเทียบต่อไป

ตัวอย่างเช่น ทรานสมิตเตอร์วัดความดันใช้แหล่งจ่าย 24 โวลต์ มิลิแอมป์มิเตอร์มาตรฐานใช้สำหรับวัดสัญญาณซึ่งใช้ไฟ 110 VAC ณ จุดนี้เราเห็นได้ว่า เราจำเป็นต้องพิจารณาถึงเครื่องมือที่จะนำมาใช้งาน ถ้าเราต้องการปรับเทียบให้ได้ค่าถูกต้องแม่นยำสูงสุด เครื่องมือวัดที่จะนำมาทดสอบจะต้องติดตั้งอยู่ในตำแหน่งเดียวกันกับตำแหน่งที่ติดตั้งจริง ในกระบวนการผลิตสิ่งที่จะทำให้เกิดข้อผิดพลาดได้เช่นการเชื่อมต่อที่ไม่ดี เราจะต้องทำความสะอาดก่อนเพื่อไม่ให้เกิดค่าความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้านทานขึ้นในระบบตลอดจนจุดต่อระบบลม จะเริ่มจากใช้มือหมุนจนแน่น ทรานสมิตเตอร์วัดอุณหภูมิใช้เครื่องมือทำให้แน่นที่สุด

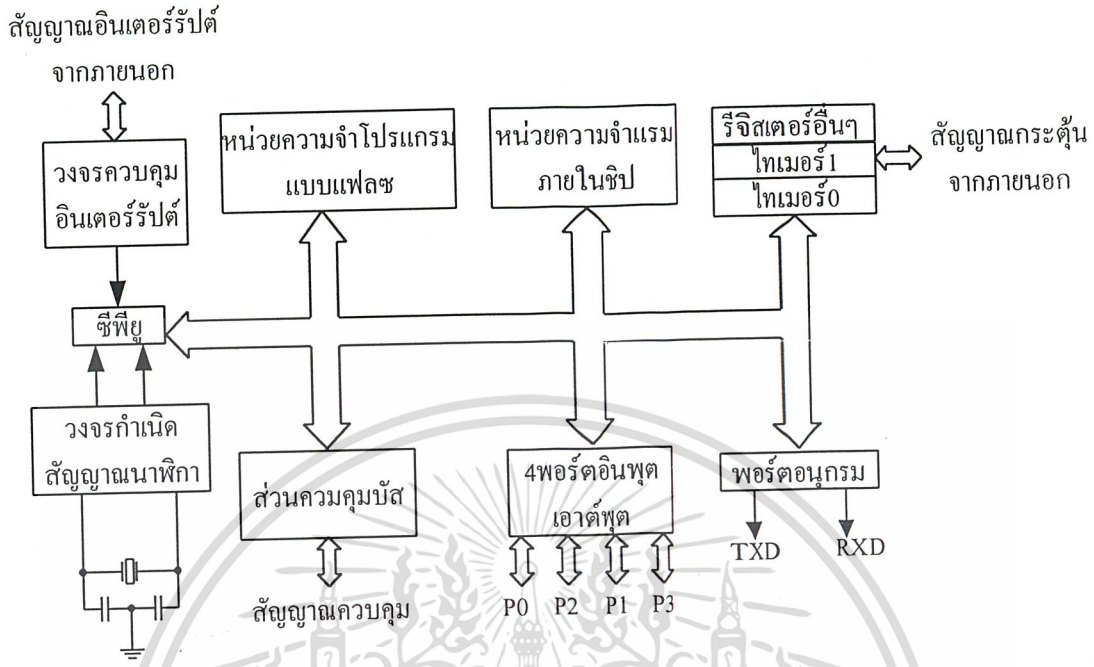
2.7 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS –51

2.7.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS –51

1) เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ ซีพียูขนาด 8 บิต
2) ภายในมีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบแฟลชสามารถลบและเขียนใหม่ได้พันครั้ง
3) หน่วยความจำข้อมูลพื้นฐานเป็นหน่วยความจำแบบแรม
4) ขาพอร์ตเป็นแบบสองทิศทางสามารถใช้งานเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต
5) มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบฟูลดูเพล็กซ์ (Full Duplex)
6) ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิตอย่างน้อย 2 ตัว
7) สามารถรองรับแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์ได้ 6 ประเภท
8) สามารถขยายหน่วยความจำภายนอกเพิ่มเติมได้สูงสุด 64 กิโลไบต์
9) มีวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาอยู่ภายในชิป
10) มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบ SPI สำหรับในอนุกรม AT89SXX
11) มีวอตช์ด็อก (Watchdog) ไทเมอร์ในตัว สำหรับในอนุกรม AT89SXX

ในรูปที่ 2.16 เป็นโครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะเห็นได้ว่าโครงสร้างของ AT89CXX เหมือนกับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 พื้นฐานแตกต่างกันเฉพาะหน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลชที่เพิ่มเติมเข้ามา หากเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ในอนุกรม AT89SXX หน่วยความจำโปรแกรมภายในจะเป็นแบบอีพรอม ซึ่งโครงสร้างพื้นฐานของอนุกรม AT89SXX จะเห็นได้ว่ามีส่วนประกอบที่เพิ่มเติมแตกต่างจาก AT89CXX อาทิ เช่น วงจรเชื่อมต่ออนุกรมแบบ SPI ซึ่งในไมโครคอนโทรลเลอร์อนุกรมใช้ในการเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำโปรแกรม โดยไม่ต้องถอดตัวชิปออกหรือเรียกว่าการโปรแกรมในวงจร ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิตที่เพิ่มเติมเข้ามาอีกหนึ่งตัวเป็นไทเมอร์ 2 และวงจรวอตช์ด็อกที่ใช้ในการตรวจสอบการทำงานผิดพลาดของซีพียู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชในอนุกรมAT89CXX

2.7.2 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ประกอบด้วยขาใช้งานต่างๆ ดังต่อไปนี้

ขา VCC ใช้สำหรับต่อไฟเลี้ยง +5 V

ขา GND เป็นขากราวด์

ขาพอร์ต 0 (P0.0-P0.7) มี 8 ขาแต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต ถ้าต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อ ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย มีอินพุตอิมพีแดนซ์สูงสามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ ขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์ต่ำของหน่วยความจำภายนอก (A0-A7) และขาข้อมูล (D0-D7) โดยใช้ กระบวนการมัลติเพล็กซ์เข้าช่วยเพื่อสลับการทำงานเป็นได้ทั้งขาติดต่อแอดเดรสและขาข้อมูล

ขาพอร์ต 1 (P1.0-P1.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุต สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย นอกจากนั้นในอนุกรม AT89SXX จะใช้ขา P1.0 เป็นขาอินพุตสำหรับนับค่าของไทเมอร์ 2 และ P1.1 เป็นค่าอินพุตทริกเกอร์ของ ไทเมอร์ 2 ในขณะที่ขา P1.4 ถึง P1.7 เป็นขาสำหรับเชื่อมต่อแบบ SPI เพื่อทำการโปรแกรมข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขาพอร์ต 2 (P2.0-2.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตที่ต้องการติดต่อ ส่งผลให้พอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอยจึงมีอิมพีแดนซ์สูง นอกจากนั้นขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์สูงของหน่วยความจำภายนอก (A8-A15)

ขาพอร์ต 3 (P3.0-P3.7) มี 8 ขา สามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับ ใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการ ส่งผลให้พอร์ตนั้นมีสถานะลอยอยู่ จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นทำหน้าที่พิเศษมีรายละเอียดขั้นต้นต่อไปนี้

P3.0 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรมหรือ ขา RxD

P3.1 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับส่งข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรมหรือ ขา TxD

P3.2 ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา $\overline{\text{INT0}}$

P3.3 ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 1 หรือขา $\overline{\text{INT1}}$

P3.4 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับสัญญาณไทเมอร์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา T1

P3.5 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 1 หรือขา T1

P3.6 ใช้เป็นขาสัญญาณ WR ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

P3.7 ใช้เป็นขาสัญญาณ RD ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอกขารีเซ็ต (Reset) ใช้ในการรีเซ็ตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยในการป้อนสัญญาณเพื่อรีเซ็ตสถานะที่ขานี้ต้องอยู่ในระดับรีเซ็ตอย่างน้อย 2 แมกชีนไซเกิล (Machine Cycle) โดยที่วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกายังคงทำงานต่อเนื่องไปอย่างปกติ

ขา ALE/$\overline{\text{PROG}}$ (Address Latch Enable/Program input) เป็นขาที่ใช้ในการควบคุมการแลตซ์ (Latch) ของขาพอร์ต 0 เมื่อมีการใช้งานหน่วยความจำภายนอก นอกจากนั้นขานี้ยังใช้เป็นขาสำหรับพัลส์ของการโปรแกรมสำหรับโปรแกรมข้อมูลลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในรุ่นที่มีหน่วยความจำเป็นแบบอีพรอม

ขา (Program Store Enable) ขานี้ใช้ในการส่งสัญญาณเพื่อร้องขอติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกตัวคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณออกมาที่ขานี้ 2 ครั้งในแต่ละแมชชีนไซเกิล แต่ถ้าหากติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ขานี้จะไม่มีการส่งสัญญาณใดๆ ออกมา

ขา EA / Vpp (External Access enable / Program voltage input) ใช้สำหรับเลือกการติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมจากภายนอกหรือภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ถ้าหากขานี้เป็นลอจิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

"0" เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกแต่ถ้าหากขานี้เป็นลอจิก "1" เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้แล้ว ที่ขานี้ยังเป็นขาอินพุตสำหรับรองรับแรงดันไฟสูงสำหรับการโปรแกรมหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชต้องการแรงดัน +12 โวลต์ สำหรับการโปรแกรม

ขา XTAL1 และ XTAL2 เป็นขาสำหรับต่อคริสตอลเพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาในการกำหนดจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

2.8 บอร์ด TLCD-164

2.8.1 คุณสมบัติของบอร์ด

บอร์ด TLCD-164 คือแผงแสดง LCD รูปแบบใหม่ที่มีชิพไมโครอยู่ในตัว โดยจะช่วยให้การควบคุมกระทำได้ง่ายและประหยัดจำนวน I/O ที่ใช้ในการควบคุม นอกจากนี้ยังช่วยลดภาระของโปรแกรมในบอร์ดหลักได้เป็นอย่างดี ที่สำคัญก็คือ บอร์ด TLCD-164 แสดงภาษาไทยได้ทันที โดยทำการจัดบรรทัดให้เรียบร้อย ผู้ใช้เพียงแต่ส่งตัวอักษรมาเท่านั้น คุณสมบัติของบอร์ดสรุปได้ดังนี้

1) แผง LCD Module จะเป็นแบบกราฟฟิกมีขนาด 128 x 64 DOT ทำงานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 89C52

2) มี DIP SWITCH 4 ตัว สำหรับเลือกโหมดการทำงาน (STEST, 3BIT, RS232, DEMO) และความเร็วของการสื่อสาร (BAUDRATE 1200, 2400, 4800, 9600)

3) มี DIP SWITCH จำนวน 4 ตัว สำหรับเลือกใช้งานแบบ Network โดยสามารถกำหนด Address ได้ถึง 8 ตำแหน่ง (0 - 7)

4) เลือกสัญญาณควบคุมได้ 4 แบบ คือ RS232 แบบ Logic, RS485 Network (option) และ 3 BIT SERIAL

5) มี VR เกือกม้าสำหรับปรับความเข้มของ LCD

6) ใช้กับ LCD รุ่นที่มี Backlight ได้ พร้อมคำสั่งในการควบคุม

7) ขั้วต่อ 2 PIN สำหรับ Supply 5 VDC, 3 PIN สำหรับ RS232, 2 PIN สำหรับ RS485 และ 5PIN สำหรับ 3BIT SERIAL

8) มี Jumper 2 ตัว สำหรับเลือก RS232 แบบมาตรฐานหรือ Logic

9) สามารถแสดงตัวอักษรไทย, อังกฤษ ได้ 16 อักษร 4 บรรทัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10) สามารถแสดงข้อมูลในแบบกราฟฟิกได้พร้อมทั้งมีคำสั่งสำหรับ ON/OFF Cursor และทำ Backspace ได้

11) มี 4 BIT Output ให้ผู้ใช้ขยายการใช้งานได้อิสระ

12) มี LED แสดงสถานะ Power, RX, TX, Busy

13) มีชุดคำสั่งในการควบคุม 11 คำสั่ง เข้าใจและใช้งานได้ง่าย

14) กินกระแสเพียง 17 มิลลิแอมป์ (5 VDC)

2.8.2 ชุดคำสั่งการควบคุม

คำสั่งในการควบคุม TLCD-164 จะมีทั้งหมด 11 คำสั่ง ทั้งนี้ไม่ว่าจะควบคุมผ่านทาง RS232 หรือ 3BIT SERIAL ก็จะมีรูปแบบของคำสั่งเหมือนกัน โดยรายละเอียดของ FORMAT ซึ่งเป็นรหัส ASCII ทั้งหมดจะเป็นดังนี้

:ACXX….X<CR> กรณีตั้ง DIP-SW.5 ON (Network)

:CXX….X<CR> กรณีตั้ง DIP-SW.5 OFF

: คือรหัสนำของคำสั่ง (3AH)

A คือ Address ของบอร์ด ตั้งแต่ 0-7 หรือส่งเป็นอักษร A จะหมายถึงให้ทุกบอร์ดทำงานเหมือนกัน

C คือ รหัสคำสั่งตั้งแต่ 1-B

XX….X คือ ข้อมูลติดตามแต่ละคำสั่งซึ่งอาจมีหรือไม่มีก็ได้ รวมมีความยาวตามกำหนดในแต่ละคำสั่งด้วย

<CR> คือ รหัสลงท้ายของคำสั่ง (ODH)

ตัว TLCD-164 เมื่อรับคำสั่งแล้วก็จะทำงานตามคำสั่งนั้นๆ ทันทีแล้วจำเป็นต้องใช้เวลาในการทำงานด้วยซึ่งจะเรียกว่าเป็น Busy Time เพราะฉะนั้นเมื่อส่งคำสั่งควบคุมมาแล้วจะต้องหน่วงเวลาตามที่กำหนดเป็นอย่างน้อยด้วยจึงจะสามารถส่งคำสั่งต่อไปได้ ในกรณี RS232 เมื่อTLCD-164 ทำงานตามคำสั่งเรียบร้อยแล้ว เครื่องจะส่งคำว่า OK<CR> ย้อนกลับมาให้ทราบด้วย ส่วนกรณี RS485 และ 3 BIT SERIAL จะไม่มีการส่งข้อมูลย้อนกลับ เพราะฉะนั้นผู้ใช้จะต้องหน่วงเวลาตามที่กำหนด การทำงานต่างๆ จึงจะถูกต้องตามต้องการ การอธิบายต่อไปจะแสดงคำสั่งควบคุมในรูปแบบไม่มี Address เท่านั้น ชุดคำสั่งทั้งหมดสรุปเป็นตารางดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 ชุดคำสั่งการควบคุม

คำสั่ง	รายละเอียด	เวลา
:1RCC<CR>	Set Character Row & Column R=0-3 CC=00-15	3 ms
:2XX…X<CR>	Set Character (Max=32 Char)	145 ms (ประมาณ4.5ms ต่อ 1 อักษร)
:3PPYY<CR>	Set Graphic Page & Y PP = 00-15 YY = 00-63	6 ms
:4XX…X<CR>	Set Graphic (Max = 32 Data in Hex)	6 ms
:5<CR>	Clear LCD	50 ms
:6<CR>	Cursor ON	3ms
:7<CR>	Cursor OFF	6 ms
:8<CR>	Back Space (BLOCK)	10 ms
:9<CR>	Back Light ON	3 ms
:A<CR>	Back Light OFF	3 ms
:BXXXX<CR>	Output Control (4 Bit) X คือค่า 0 หรือ 1 ของ 4 Bit โดยเรียงตามลำดับ คือ P1.2, P1.3, P3.5, P3.7	3 ms

2.8.3 การควบคุมผ่านทาง 3 BIT SERIAL

การควบคุมผ่านทาง 3 BIT SERIAL จะทำงานได้เร็วกว่า RS232 ขณะเดียวกันจะเป็นแบบ Synchronous กล่าวคือ สัญญาณจะขึ้นอยู่กับ CLOCK ขอบขาลง ที่กำหนดโดยบอร์ดที่ส่งข้อมูลมา โดยไม่ขึ้นอยู่กับระยะเวลาของสัญญาณ (เหมือน RS232) ซึ่งจะเหมาะกับงานที่ค่อนข้างซับซ้อน และต้องดูแล อินพุตและเอาต์พุตที่ไม่แน่นอนจำนวนมาก การควบคุมแบบนี้จะใช้ขาสัญญาณ 3 เส้นคือ DIN (Data-In), CLK, LD โดยรูปแบบการส่งข้อมูลจะกระทำทีละ 8 บิต ทั้งนี้รูปแบบของข้อมูลจะเป็นเหมือนกับ RS232 ทุกประการ การควบคุมแบบนี้จะไม่มีการตอบรับจากตัว TLCD-164 เพราะฉะนั้นผู้ใช้จะต้องหน่วงเวลาตาม Busy Time ที่กำหนดเสมอหลังจากที่ส่งคำสั่งไปแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

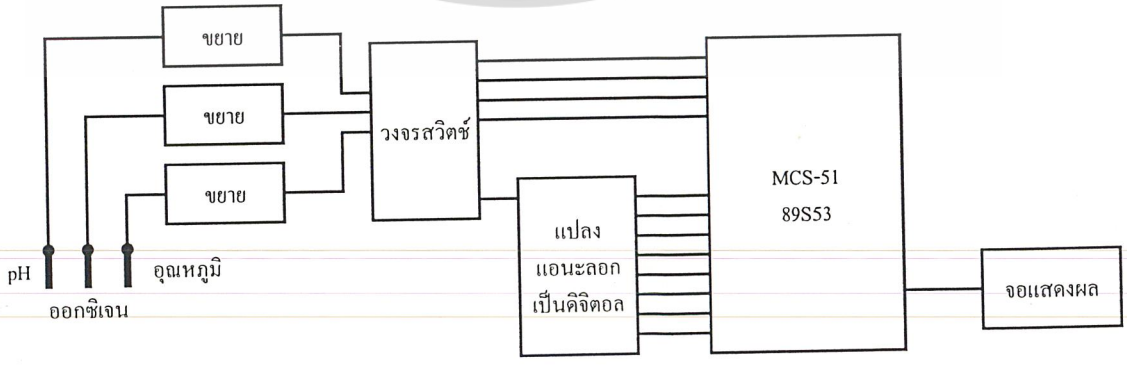
3.1 คุณสมบัติ และการทำงาน

เครื่องวัดคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงกุ้ง เป็นเครื่องวัดที่สามารถใช้งานได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว ซึ่งสามารถวัดได้ทั้งค่า pH ออกซิเจน และอุณหภูมิ ซึ่งเราจะเห็นว่าในการวัดทั้ง 3 อย่างนั้นเป็นข้อมูลขั้นพื้นฐานที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้ง ซึ่งเรานำมารวมกันในอุปกรณ์เดียวกันทำให้มีความสะดวก และประหยัดเวลามากขึ้น ไม่ต้องเสียเวลามาก

3.1.1 การทำงานและผังการทำงาน

การทำงานของเครื่องวัดคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงกุ้งแสดงได้ดังรูปที่ 3.1 ซึ่งสามารถอธิบายการทำงานในแต่ละส่วนได้ดังต่อไปนี้

เริ่มจากส่วนของการตรวจสอบคุณภาพของน้ำโดยใช้เซนเซอร์เป็นตัวตรวจสอบ เซนเซอร์ที่ใช้ได้แก่ ไอซี DS1820 เป็นไอซีตรวจจับสัญญาณอุณหภูมิ ส่วนการตรวจจับสัญญาณค่า pH จะใช้ pH อิเล็กโทรด รุ่น PE-03 และจะใช้ Do-550 เป็นตัวตรวจจับสัญญาณออกซิเจน โดยเราจะนำสัญญาณที่ตรวจจับได้นั้นแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้า ซึ่งสัญญาณไฟฟ้าที่ได้นั้นจะเป็นสัญญาณที่มีขนาดเล็กมากดังนั้นเราจึงต้องทำการขยายสัญญาณเพื่อให้ความแรงของสัญญาณมากขึ้นจากนั้นส่งต่อไปยังวงจรสวิตช์ โดยวงจรสวิตช์จะเลือกให้สัญญาณออกที่เอาต์พุตเพียงสัญญาณเดียว การทำงานของวงจรสวิตช์จะถูกควบคุมโดย CPU เมื่อได้สัญญาณที่ต้องการแล้วก็จะส่งต่อไปยังวงจรแปลงจากสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลจากนั้นก็จะนำสัญญาณที่ได้ไปทำการประมวลผลที่ CPU และส่งสัญญาณไปแสดงผลที่จอแสดงผลต่อไป



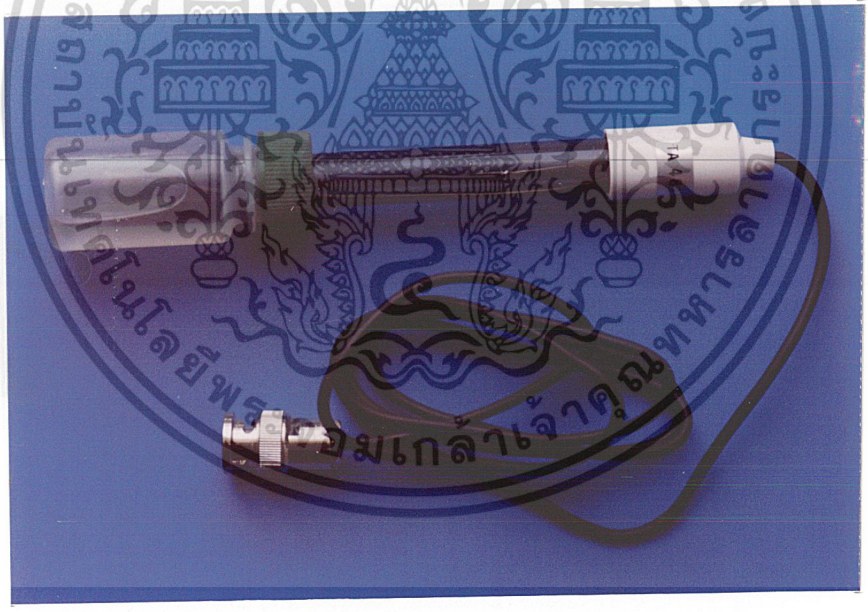
รูปที่ 3.1 แผนผังของวงจรเครื่องวัดคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงกุ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การทำงานของเซนเซอร์

3.2.1 หัววัดค่า pH

หัววัดค่า pH ที่ใช้ คือ รุ่น PE-03 เป็นหัวแก้วอิเล็กโทรด (Glass Electrode) ซึ่งเป็นขั้วที่ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้า โดยแปรตามปริมาณความเข้มข้น (H^+) ของสารละลาย และถูกส่งต่อไปให้วงจรวัดค่าแรงดันไฟฟ้านั้น จากนั้นจึงแปลงเป็นค่า pH อีกครั้งหนึ่งที่หัววัดประกอบไปด้วยหลอดแก้วชนิดพิเศษซึ่งมีความไวต่ออิออน (H^+) ภายในขั้วบรรจุสารละลายบัฟเฟอร์ (Buffer Solution) ซึ่งมีค่า pH คงที่ (ประมาณ pH7) อยู่ตลอดเวลา สารละลาย KCI อิ่มตัวในสารละลายนี้มีขั้วไฟฟ้าจุ่มอยู่ ขั้วไฟฟ้ามักทำด้วยโลหะเงิน ซึ่งจะฉาบด้วย Silver Chloride ดังรูปที่ 3.2 คุณสมบัติโดยทั่วไปของหัววัดค่า pH คือมีย่านการวัดอยู่ในช่วง pH0–pH14 มีความละเอียดในการวัดเท่ากับ 0.01 pH และการบำรุงรักษาสามารถทำได้ง่าย คือหลังการใช้หัววัดค่า pH ทุกครั้งให้นำมาล้างด้วยน้ำกลั่นก่อนนำไปเก็บจะทำให้หัววัดค่า pH สามารถใช้งานได้นานยิ่งขึ้น ลักษณะหัววัดค่า pH แสดงได้ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 หัววัดค่า pH รุ่น PE-03

3.2.2 ไอซีตรวจจับอุณหภูมิ DS1820

ไอซี DS1820 เป็นไอซีที่มีระบบการสื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบหนึ่งสาย ซึ่งถือได้ว่าเป็นใช้จำนวนสายสัญญาณเพียง 1 เส้นเท่านั้น โดยไม่ต้องมีสายสัญญานนาฬิกามาควบคุมจังหวะการถ่ายทอดข้อมูลเหมือนกับระบบสื่อสารข้อมูลอนุกรมในแบบอื่น สายข้อมูลจะทำหน้าที่เสมือนเป็นสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณนาฬิกาในตัว ส่วนค่าของข้อมูลจะพิจารณาจากลักษณะของรูปสัญญาณที่ปรากฏบนสาย สัญญาณในแต่ละช่องของเวลาซึ่งเรียกว่า ไทม์สล็อต (Time Slot) โดยคาบเวลาต่ำสุดและสูงสุดของสถานะต่าง ๆ ในการสื่อสารข้อมูลในแต่ละไทม์สล็อตมีการกำหนดขอบเขตไว้อย่างชัดเจนการถ่ายทอดข้อมูลจะเกิดขึ้นในแต่ละไทม์สล็อตนั้น รูปแบบการถ่ายทอด ข้อมูลจะเป็นแบบอะซิงโครนัสในระดับบิต ไม่มีการกำหนดความยาวของข้อมูลเป็นระดับไบต์ระบบสื่อสารแบบนี้เหมาะที่จะใช้ในการสื่อสารข้อมูลระหว่างไอซีแผงวงจรเดียวกัน

ไอซีตรวจจับอุณหภูมิ (แสดงดังรูปที่ 3.3) จะมีขาต่อใช้งานเพียง 3 ขา คือ ขา DQ ซึ่งเป็นขาเชื่อมต่อกับระบบบัส, ขาต่อไฟเลี้ยงภายนอก, ขากราวด์หัวใจสำคัญของ DS1820 อยู่ที่ตัวตรวจจับอุณหภูมิและหน่วยความจำความเร็วสูงที่เรียกว่า สแครตช์แพด (Scratchpad) ซึ่งมีขนาด 9 ไบต์ และมีการจัดสรรหน่วยความจำ เมื่อวัดอุณหภูมิได้ก็จะนำค่าที่วัดได้นี้มาเก็บไว้ในสแครตช์แพดที่ไบต์ 0 และ 1 ทั้งนี้เนื่องจากไอซี DS1820 สามารถให้ข้อมูลของอุณหภูมิได้ละเอียดถึง 16 บิต เมื่อนำมาแปลงเป็นข้อมูลเลขฐานสิบจึงสามารถแสดงความละเอียดของอุณหภูมิได้ถึง 0.5 องศาเซลเซียสและ 0.9 องศาฟาเรนไฮต์ โดยมีย่านวัดอุณหภูมิ –55 ถึง +125 องศาเซลเซียส หรือ -67 ถึง +257 องศาฟาเรนไฮต์ ใช้เวลาในการแปลงค่าอุณหภูมิเป็นข้อมูลดิจิตอลประมาณ 200 มิลลิวินาที สามารถกำหนดขอบเขตของอุณหภูมิที่ทำการวัดได้ และให้แจ้งเตือนเมื่อค่าของอุณหภูมิสูงขึ้นหรือลดต่ำลงถึงค่าที่กำหนด โดยค่าอุณหภูมิที่กำหนดนี้จะเก็บไว้ที่ สแครตช์แพดในไบต์ 2 และ 3

รูปที่ 3.3 ตัวเซนเซอร์ไอซี DS1820

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

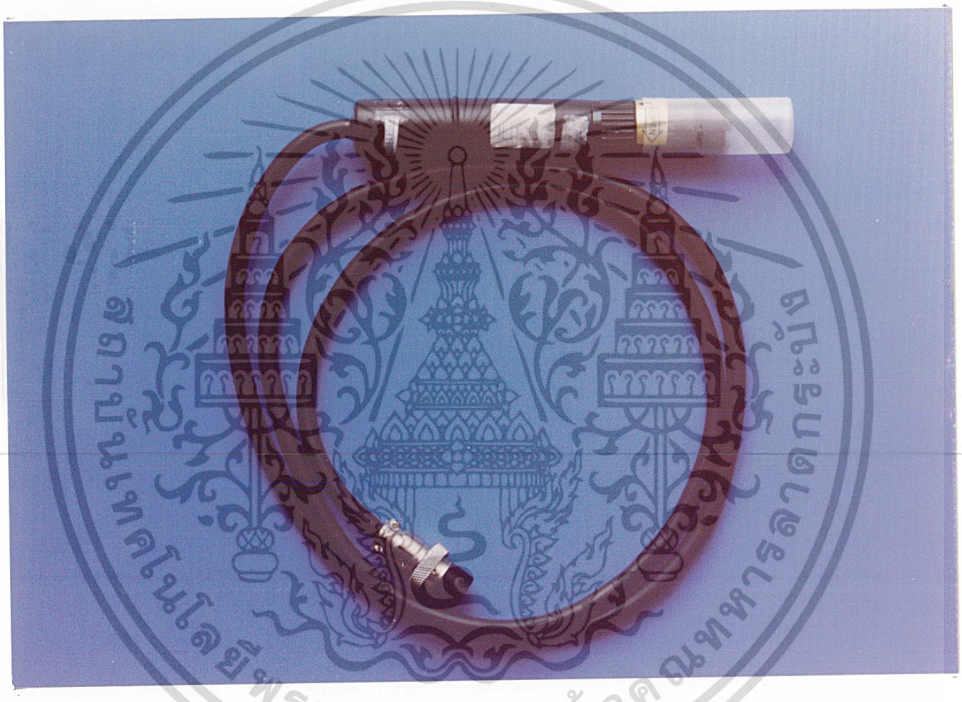
3.2.3 เซนเซอร์ออกซิเจน

เซนเซอร์ออกซิเจนใช้รุ่น Do-550 ดังรูปที่ 3.4 สามารถอ่านค่าความเข้มข้นของปริมาณออกซิเจนที่ละลายเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร โดยเฉพาะประสิทธิภาพของโพรบจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำและสารประกอบอื่นๆ ที่ละลายในน้ำ ซึ่งคุณสมบัติโดยทั่วไป คือ

1) เวลาที่ใช้สุ่ม 0.8 วินาที

2) ขนาดโพรบ 125 x 20 มิลลิเมตร

3) ใช้แหล่งจ่าย 9 โวลต์



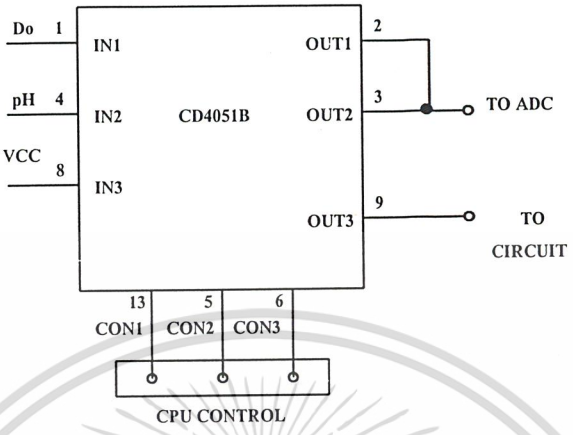
รูปที่ 3.4 เซนเซอร์ออกซิเจน

3.3 วงจรอิเล็กทรอนิกส์

3.3.1 วงจรสวิตช์

การทำงานของวงจรสวิตช์ คือจะมีสัญญาณอินพุตเข้ามา 2 สัญญาณ สัญญาณแรกได้จากตัวเซนเซอร์ค่าออกซิเจน สัญญาณที่ 2 ได้จากเซนเซอร์ค่า pH สัญญาณที่เข้ามาจะถูกควบคุมโดยตัวควบคุม CPU ซึ่งจะควบคุมให้มีสัญญาณออกทางด้านเอาต์พุตเพียงสัญญาณเดียว โดยใช้สัญญาณลอจิก 1 ควบคุม และ ในวงจรสวิตช์จะมีแรงดันไฟฟ้า +5 โวลต์ จ่ายให้กับวงจรทั้งหมด ดังรูปที่ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

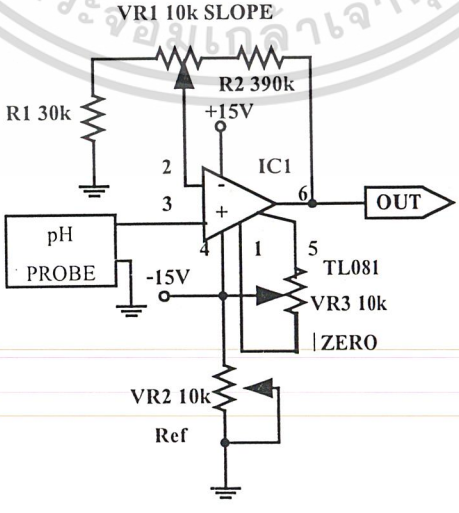


รูปที่ 3.5 วงจรสวิตช์

3.3.2 วงจรขยายสัญญาณการวัด

1) วงจรขยายแบบไม่กลับขั้วสัญญาณ (Non- Inverting Amplifier)

ส่วนนี้จะเป็นส่วนแรกที่ทำการรับสัญญาณที่ได้จากหัวโพรบ ที่มีขนาดของสัญญาณต่ำมาก ๆ ประมาณ $\pm$420 มิลลิโวลต์ มาทำการขยายก่อนในภาคแรก เกณฑ์การขยายของวงจรนี้จะต้องปรับขนาดของสัญญาณให้ได้ออกมามีค่า $\pm$ 4.2 โวลต์ ดังนั้นควรเลือกใช้ VR_1 ที่เป็นตัวต้านทานแบบปรับค่า 10 kΩ และ R_2 ตัวใช้ตัวต้านทานค่า 320 kΩ ต่ออนุกรมกัน เพื่อความละเอียดในการปรับขนาดของสัญญาณ โดยเกณฑ์ที่ปรับได้จะมีย่านที่แคบลง ดังรูปที่ 3.6

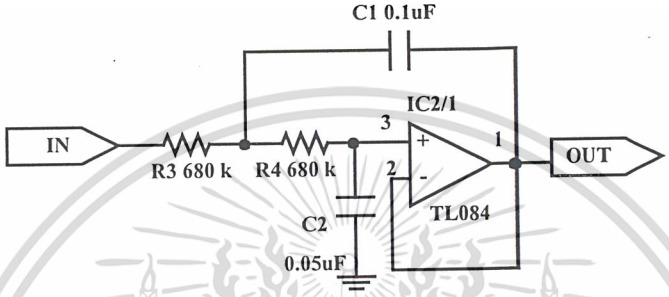


รูปที่ 3.6 วงจรขยายแบบไม่กลับขั้วสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านอันดับสองแบบบัตเตอร์เวิร์ธ (Second–order Butterworth Low Pass Filter)

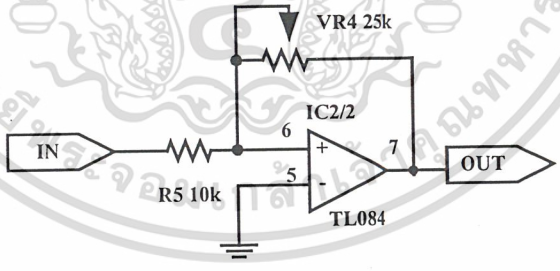
สัญญาณที่ได้จากหัวโพรบ จะเป็นสัญญาณไซน์ที่ปนมากับสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรง จึงต้องทำการกรองเอาสัญญาณไซน์ออกให้เหลือแต่สัญญาณไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความถี่ตัดเท่ากับ 3.3 Hz และมีเกณฑ์การขยายเท่ากับ 1



รูปที่ 3.7 วงจร Second–order Low Pass Filter

3)วงจรขยายแบบกลับขั้วสัญญาณ (Inverting Amplifier)

วงจรนี้จะทำการขยายสัญญาณหลังจากผ่านวงจร Low pass Filter มาแล้ว โดยจะทำการขยายสัญญาณทั้งด้านบวกและด้านลบ ให้อยู่ในช่วง $\pm$ 2.5 โวลต์ ดังรูปที่ 3.8

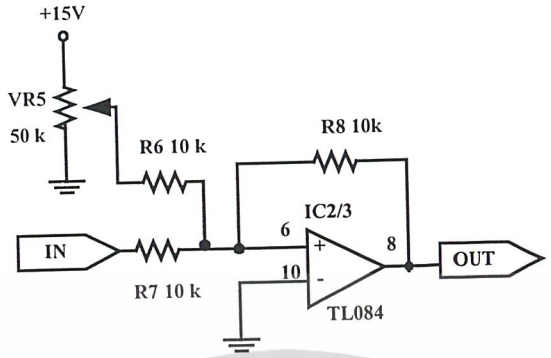


รูปที่ 3.8 วงจร Inverting Amplifier

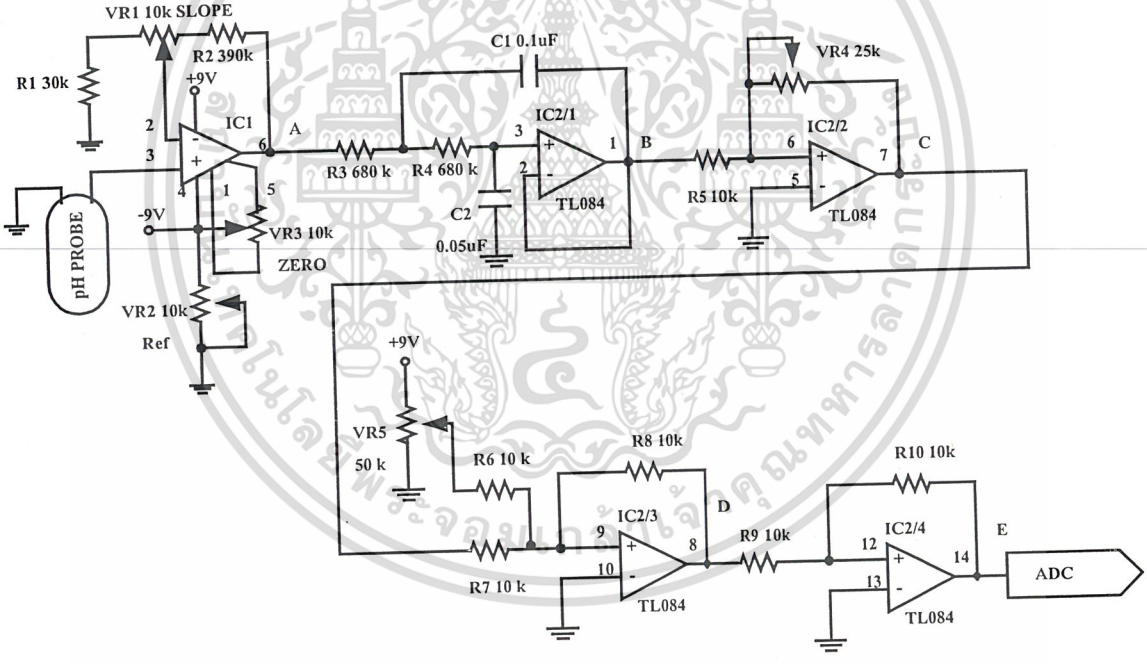
4) วงจรขยายผลรวมแบบกลับขั้วสัญญาณ (Inverting Summing Amplifier)

วงจรนี้จะทำการนำสัญญาณที่ได้มาแปลงให้อยู่ในช่วง $\pm$2.5 โวลต์ มาทำการรวมเข้ากับสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงค่า 2.5 โวลต์ เพื่อทำการยกระดับสัญญาณให้อยู่ในช่วงแรงดัน 0–5 โวลต์ แล้วป้อนให้แก่วงจร ADC โดยจะให้มีเกณฑ์การขยายเท่ากับ 1 ดังรูปที่ 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



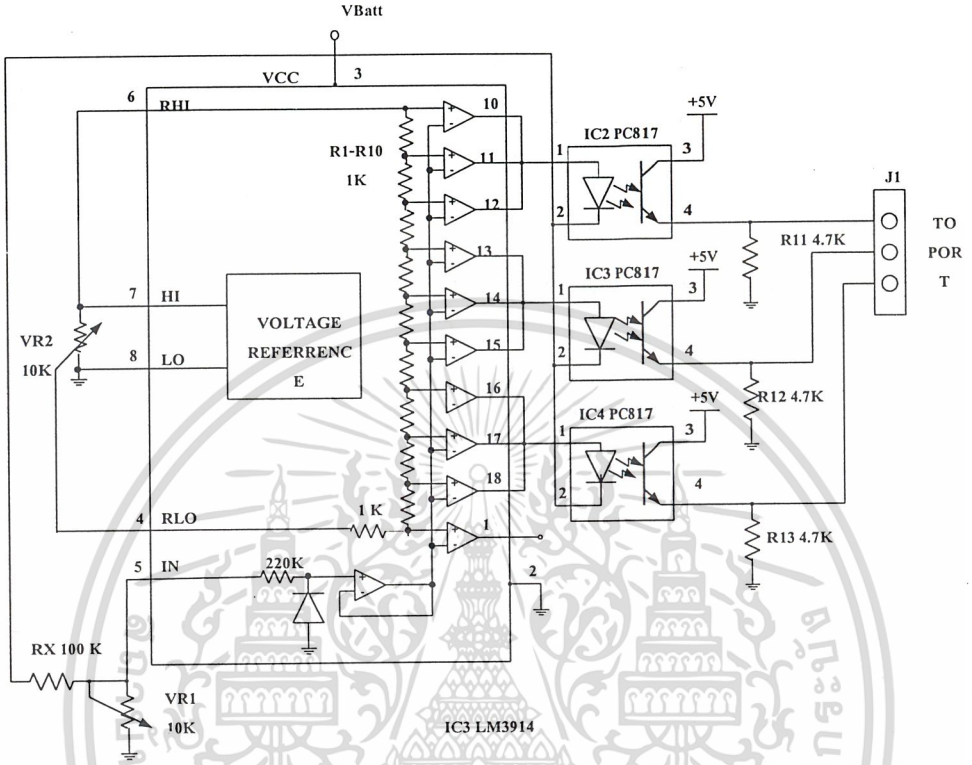
รูปที่ 3.9 วงจร Inverting Summing Amplifier



รูปที่ 3.10 วงจรขยายสัญญาณการวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 วงจรตรวจจับระดับแรงดัน และประจุแบตเตอรี่



รูปที่ 3.11 วงจรตรวจสอบระดับแรงดันและประจุแบตเตอรี่

วงจรตรวจสอบระดับแรงดันและประจุแบตเตอรี่ดังรูปที่ 3.11จะทำหน้าที่เป็นตรวจสอบระดับแรงดันแบตเตอรี่ที่มีอยู่ในขณะนั้น โดยใช้ไอซีเบอร์ LM3914 ซึ่งแสดงผลทางเอาต์พุตจำนวน 10 เอาต์พุตแสดงผลแบบลิเนียร์สเกลโดยกำหนดให้แสดงระดับแรงดันอยู่ในช่วง 8.1 โวลต์ถึง 12.5 โวลต์ ซึ่งมีความกว้างของย่านแรงดันเท่ากับ 4.4 โวลต์ ดังนั้นความแตกต่างของแรงดันในการติดสว่างของเอาต์พุตแต่ละขาของไอซี LM3914 จะมีค่าเท่ากับ 4.4/10 เท่ากับ 0.55 โวลต์

การทำงานของวงจรภายในไอซี LM3914 จะมีวงจรสร้างแรงดันอ้างอิงออกมาทางขา REF HI (ขา 7) และ REF LO (ขา 8) มีความแตกต่างทางแรงดันทั้ง 2 ขา เท่ากับ 1.2 โวลต์ ดังนั้น เมื่อต่อขา 8 ลงกราวด์ที่ขา 7 จึงมีแรงดันเท่ากัน และค่าแรงดันนี้จะนำไปเป็นค่าแรงดันอ้างอิงค่าสูงที่สุดจะทำให้เอาต์พุตตัวสุดท้ายคือ ขา 10 มีสัญญาณออกมา นั้นแสดงว่าแรงดันที่อินพุตที่ขา 5 ที่จะทำให้ขาที่ 10 มีสัญญาณมีค่าเท่ากับ 1.5 โวลต์ ซึ่งเป็นแรงดันสูงที่สุดที่วงจรแสดงผลได้ ส่วนแรงดันต่ำสุดที่ที่จะทำให้วงจรแสดงผลได้จะขึ้นอยู่กับแรงดัน RLO ที่ขา 4 ซึ่งได้จากการแบ่งแรงดันอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่ามากกว่า 0.72 โวลต์ เล็กน้อยจึงจะทำให้เอาต์พุตขา 1 มีสัญญาณออกมา REF HI (ขา 7) ด้วย VR2 เช่น ถ้าแรงดันที่ขา 4 มีค่า 0.72 โวลต์

ส่วน Rx และ VR1 ทำหน้าที่แบ่งแรงดันจากแบตเตอรี่ให้ลดลงเป็นค่าที่ต้องการ เพื่อป้อนเป็นแรงดันอินพุตที่ขา 5 ของไอซีแสดงระดับแรงดัน อัตราการแบ่งแรงดันหรือหารแรงดัน สามารถหาได้จากแรงดันของแบตเตอรี่สูงสุดที่จะให้วงจรแสดงค่าสูงสุด กับแรงดันอ้างอิงสูงสุดคือ RHI ที่ขา 6 นั่นคือ 10.41 โวลต์

การหาแรงดัน RLO คือ แรงดันอ้างอิงต่ำที่สุดที่ขา 4 สามารถหาได้จากแรงดันแบตเตอรี่ค่าต่ำสุดที่จะทำให้ LED1 ทำงานหารด้วยอัตราการแบ่งแรงดันของ Rx กับ VR1 นั่นคือ เท่ากับ 0.72 โวลต์ เพราะฉะนั้นเราต้องปรับ VR2 ให้แรงดันที่ขา 4 มีค่า 0.72 โวลต์

การหาค่าของ Rx และ VR1จากอัตราการแบ่งแรงดันที่ต้องการมีค่าเท่ากับ 10.41 โวลต์ กำหนด Rx เท่ากับ 100 กิโลโอห์ม และแรงดันอินพุตที่ขา 5 สูงสุดเท่ากับแรงดันอ้างอิงสูงสุดเท่ากับ 1.2 โวลต์ และแรงดันแบตเตอรี่สูงสุด 12.5 โวลต์ ดังนั้นVR1มีค่าเท่ากับ 10.626 กิโลโวลต์

ในการประจุแบตเตอรี่ จะกำหนดให้วงจรแสดงผลเพียง 3 สถานะคือ ระดับแรงดันปกติ ระดับแรงดันปานกลาง และระดับแรงดันต่ำ โดยการรวมสัญญาณเอาต์พุตของไอซี LM3914 รวมกันให้เหลือเพียง 3 สัญญาณ การแสดงสถานะของแบตเตอรี่นั้น เมื่อระดับแรงดันมีค่า 9.25-8.75 โวลต์ จะแสดงสถานะระดับแรงดันปกติทำให้ไอซี PC817 นำกระแสทำให้มีแรงดันตกคร่อมที่ R1 จากนั้นนำสัญญาณดังกล่าวไปประมวลผลที่ CPU และแสดงผลที่จอแสดงผล LCD ต่อไป

ตารางที่ 3.1 วงจรตรวจสอบระดับแรงดัน และประจุแบตเตอรี่

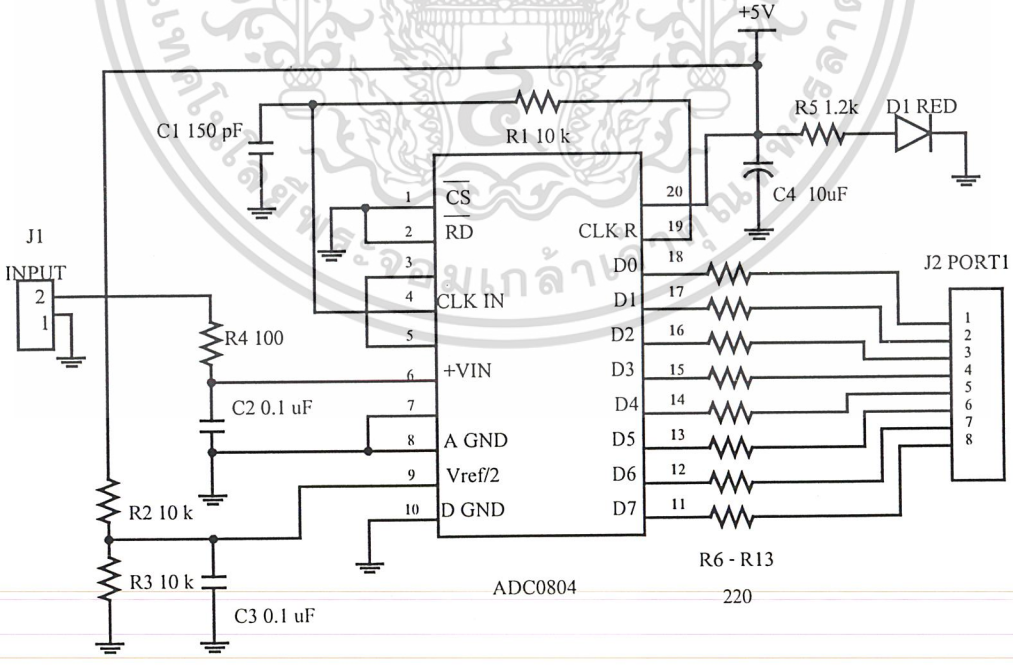
เอาต์พุต	P1.5	P1.6	P1.7
12.5	0	0	1
11.95	0	0	1
11.4	0	0	1
10.89	0	1	0
10.3	0	1	0
9.75	0	1	0
9.2	1	0	0
8.65	1	0	0
8.1	1	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล

การแปลงรหัสสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลจะใช้ไอซีเบอร์ ADC0804 ซึ่งเป็นไอซีแปลงรหัสสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลขนาด 8 บิต ซึ่งตำแหน่งขาต่างๆ ของ ADC0801 สัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในวงจรนี้ทำได้ 2 ทาง คือ ใช้สัญญาณนาฬิกาจากภายนอกค่า 100 ถึง 800 กิโลเฮิรตซ์ ป้อนเข้าขา 4 อีกวิธีหนึ่ง คือ ใช้สัญญาณนาฬิกาจากภายในจากขา 19 โดยสามารถกำหนดสัญญาณนาฬิกาได้จาก RC ภายนอก ขา 5 ของไอซี ADC0801 เป็นขา $\overline{INTR}$ หรือเรียกว่า ขา EOC จะให้เอาต์พุตเป็นต่ำเมื่อการเปลี่ยนเสร็จสิ้นการกำหนดแรงดันอ้างอิงสามารถกำหนดได้ที่ขา 9 ถ้าต้องการแรงดันอ้างอิง 3 โวลต์จะต้องป้อนแรงดัน 1.5 โวลต์ที่ขา 9

การให้ไอซีสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องนั้น ขา $\overline{CS}$ ขา $\overline{RD}$ จะต้องต่อลงกราวด์ ส่วนขา $\overline{WR}$ จะต้องต่อเข้าขา $\overline{INTR}$ การต่อแบบนี้ทำให้ขา $\overline{INTR}$ อยู่ในสภาวะต่ำ ขา $\overline{WR}$ เป็นต่ำด้วย ทำให้ถูกรีเซต และเมื่อขา $\overline{INTR}$ กลับมาอยู่ในสถานะ HIGH อีกครั้ง ขา $\overline{WR}$ จะกลายเป็น HIGH ไปด้วย การแปลงสัญญาณจะเริ่มต้นอีกครั้ง บางครั้งกระบวนการเปลี่ยนสัญญาณอาจจะไม่ทำงาน ตอนเริ่มก็ได้ จึงต้องป้อนพัลส์ลบเข้ามาทางขา $\overline{WR}$ เพื่อให้ไอซีเริ่มทำงาน ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 วงจรการแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล

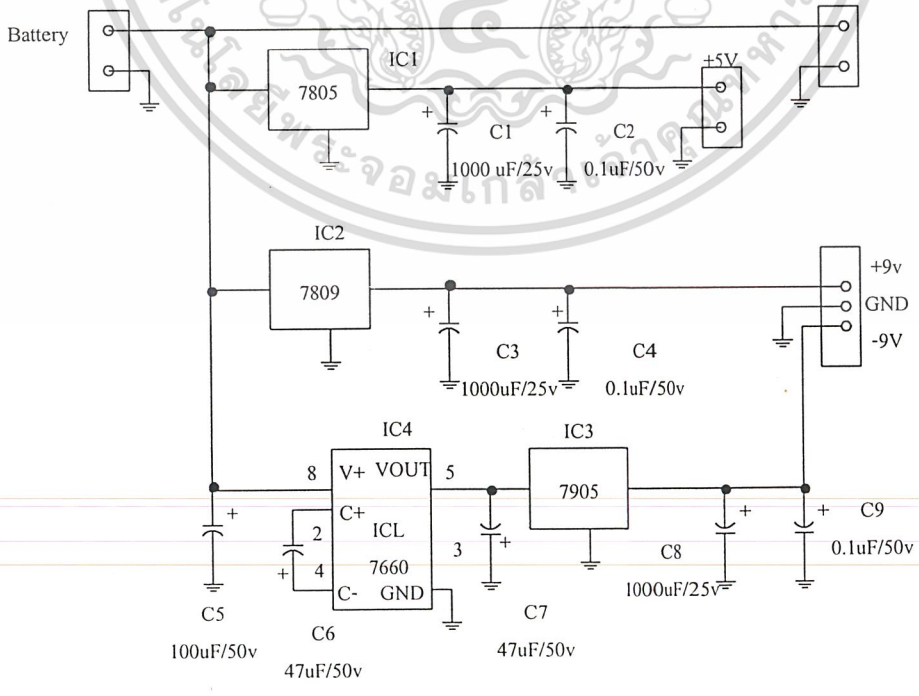
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล ถ้าสัญญาณถูกแปลงเป็นจำนวนทางดิจิตอล โดยการสุ่ม ดังรูปที่ 3.12 ถ้ามีเอาต์พุต 8 เส้น แต่ละเส้นจะแสดงสถานะเป็น 1 หรือ 0 จะมีความแตกต่างทางรหัสไบนารี่ทั้งหมด 2^8 หรือ 256 รหัส

ค่าความละเอียดของตัวแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล จะเป็นระยะห่างที่น้อยที่สุดของค่าแรงดันเอาต์พุตที่เพิ่มขึ้น ซึ่งถูกกำหนดโดยตัวแปลงสัญญาณนั้น ถ้าตัวแปลงสัญญาณมีความแตกต่างทางรหัสเอาต์พุต 256 ระดับ ระดับสัญญาณอินพุตถูกแทนเป็นไบนารี่จาก 00000000 ถึง 11111111 ถ้าอินพุตเริ่มต้นจาก 0-5 โวลต์ ค่าความละเอียดจะเท่ากับ 0.0195 โวลต์ ถ้าไบนารี่เป็น 00000001 จะแทน 0.0195 โวลต์ ในทำนองเดียวกันถ้าเอาต์พุตไบนารี่เป็น 00000010 จะแทน 0.039 โวลต์

3.3.5 วงจรภาคจ่ายไฟ

จุดจ่ายไฟจะแบ่งออกเป็น 3 ชุด คือ ชุดแรกเพื่อใช้ในการตรวจสอบระดับแรงดันของแบตเตอรี่ ชุดที่ 2 คือ ชุดไฟเลี้ยง 5 โวลต์ ประกอบด้วยไอซีเร็คกูเลตเบอร์ 7805, C1 และ C2 เพื่อจ่ายไฟเลี้ยงให้กับวงจร ADC, CPU,วงจรสวิตซ์, จอแสดงผล และวงจรตรวจสอบระดับแรงดัน ชุดที่ 3 คือชุดไฟเลี้ยงคู่ $\pm$ 9 โวลต์ ประกอบด้วยไอซี ICL7660 ไอซีเร็คกูเลต 7805 , 7905, C3 ถึงC9 โดยที่ไอซี ICL7660 เป็นไอซีสร้างแรงดันไฟลบจากแรงดันไฟบวก ชุดจ่ายไฟชุดที่ 3 จะจ่ายไฟเลี้ยงให้แก่วงจรขยายสัญญาณ

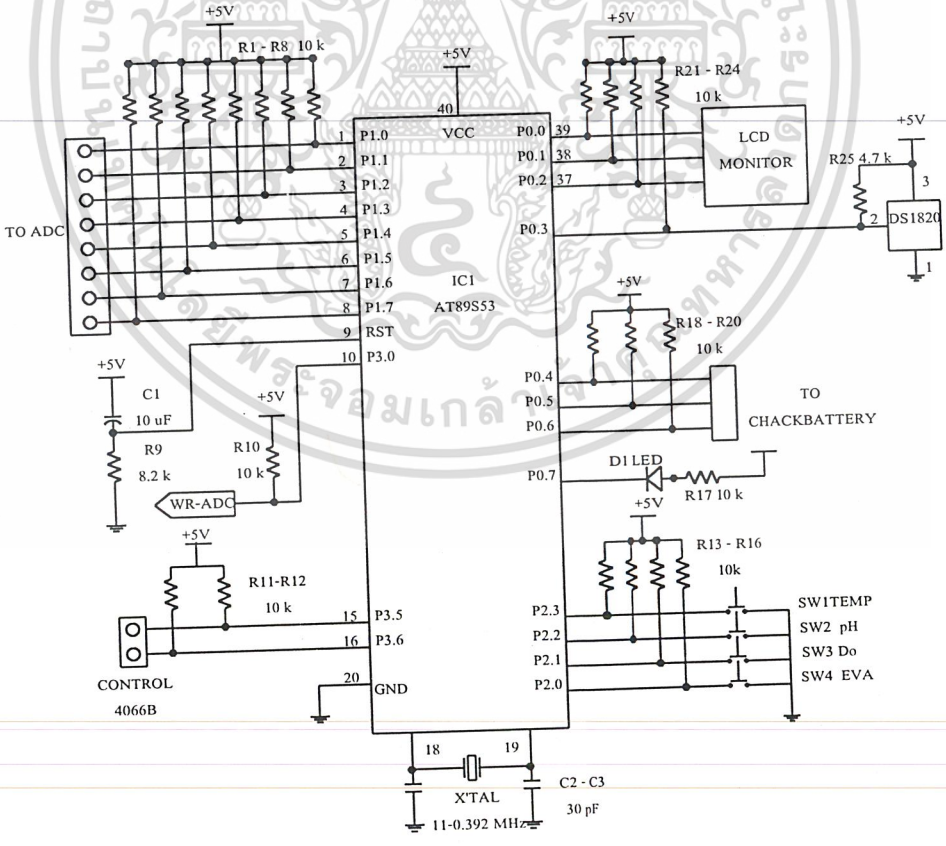


รูปที่ 3.13 วงจรภาคจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.6 วงจรควบคุมการทำงาน

การควบคุมการทำงานของวงจรต่างๆ ของส่วนแสดงผลจะใช้ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS51 เบอร์ AT89S53 ซึ่งมีหน่วยความจำ 12 ไบต์ ในการประมวลผลการทำงาน โดยที่พอร์ต1 จะเป็นการรับสัญญาณจากวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลเข้ามาประมวลผล พอร์ต 3.5 และพอร์ต 3.6 ใช้ในการควบคุมการทำงานในการเลือกสัญญาณอินพุตเข้าวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล ของIC4051 พอร์ต P0.0, พอร์ต P0.1 และพอร์ต P0.2 ใช้ในการติดต่อสื่อสารกับจอแสดงผล LCD เพื่อใช้ในการแสดงผล ส่วนพอร์ต P0.3 จะเป็นขาที่รับสัญญาณจากตัวตรวจจับอุณหภูมิ โดยวงจรตรวจจับอุณหภูมิจะประกอบด้วย ไอซี DS1820 และ ตัวต้านทาน 1.7 kΩ ที่พอร์ต P0.4, พอร์ต P0.5 และพอร์ต P0.6 เป็นขาที่ใช้รับสัญญาณจากวงจรตรวจสอบแบตเตอรี่เข้ามาประมวลผลเพื่อแสดงระดับแรงดันที่หน้าจอแสดงผล LCD ส่วนพอร์ต P0.7 เป็นการแสดงผลการกดสวิตช์เลือกฟังก์ชั่นการทำงานโดยแสดงผลที่ LED เมื่อมีการกดสวิตช์ ส่วน พอร์ต P2.0 ถึงพอร์ต P2.3 เป็นขาที่ใช้ต่อกับสวิตช์กดเลือกฟังก์ชั่นการทำงาน ดังรูปที่ 3.14



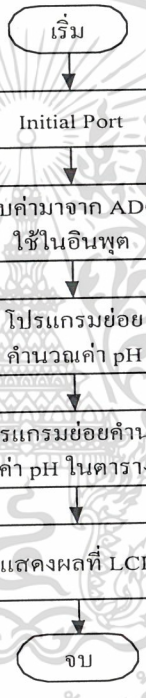
รูปที่ 3.14 วงจรควบคุมการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 โปรแกรมควบคุมการทำงาน

ในส่วนของโปรแกรมประมวลผลใช้ภาษาแอสเซมบลี้ เป็นโปรแกรมปฏิบัติการ โปรแกรมสำคัญของเครื่องวัดคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงกุ้งประกอบด้วย 6 โปรแกรม คือโปรแกรมตรวจจับอุณหภูมิ, โปรแกรมการตรวจวัดค่า pH โปรแกรมการตรวจจับค่าออกซิเจน, โปรแกรมการเปรียบเทียบวินิจฉัยข้อมูล, โปรแกรมการเลือกสวิตช์ใช้งาน และโปรแกรมการตรวจสอบแรงดันและประจุของแบตเตอรี่ซึ่งสามารถอธิบายการทำงานได้ดังต่อไปนี้

3.4.1 โปรแกรมการตรวจวัดค่า pH

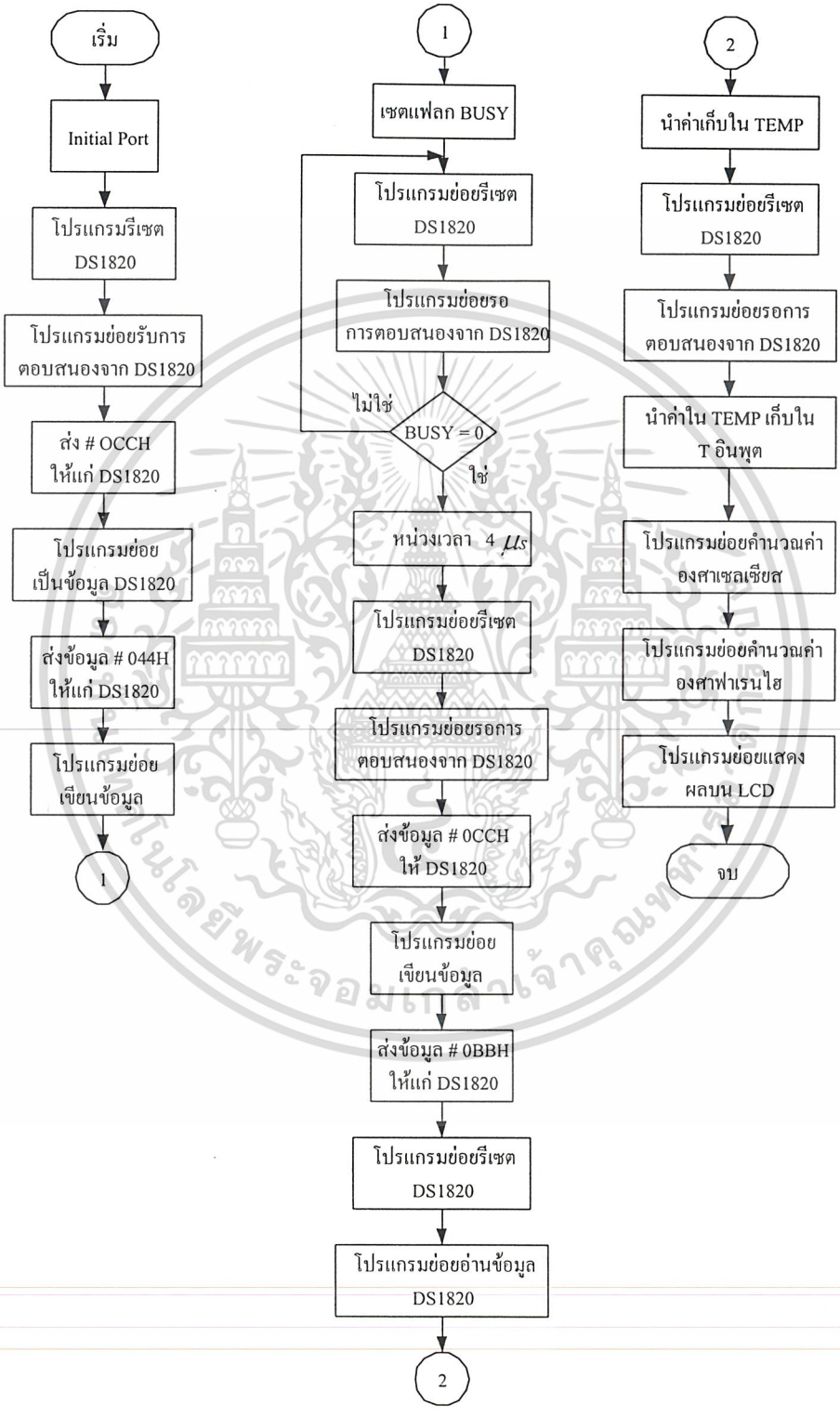


รูปที่ 3.15 ผังงานของโปรแกรมการตรวจจับค่า pH

จากรูปที่3.15 เริ่มต้นผังงานของโปรแกรมโดยการกำหนดค่าเริ่มต้นของพอร์ตใช้งาน จากนั้นก็จะรับค่ามาจากพอร์ตซึ่งมีขนาด 8 บิต โดยนำมาเก็บไว้ที่ตัวแปรชื่อ P อินพุต จากนั้นนำค่าที่ได้มาผ่านโปรแกรมย่อยเพื่อคำนวณหาค่า pH แล้วทำการแปลงค่าเป็นรหัส ASCI แล้วนำค่าที่ได้มาเก็บไว้ในตาราง แล้วนำออกมาแสดงผลที่จอ LCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 โปรแกรมตรวจจับอุณหภูมิ

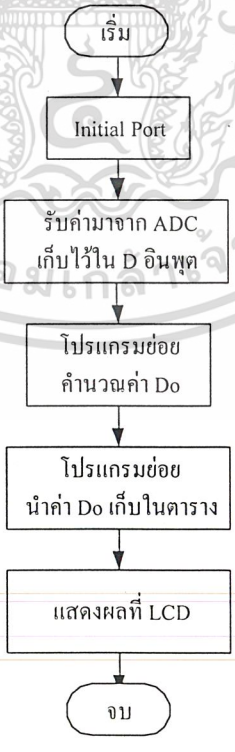


รูปที่ 3.16 ผังงานของโปรแกรมตรวจจับอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่3.16 เป็นผังงานโปรแกรมที่ใช้สำหรับอ่านค่าจากไอซีวัดอุณหภูมิเบอร์ DS1820 โดยแสดงค่าอุณหภูมิที่อ่านได้บน LCD เริ่มจากการส่งสถานะรีเซตด้วยโปรแกรมย่อย จากนั้นให้รอการตอบรับจาก DS1820 ด้วยโปรแกรมย่อย DS1820 PRES เมื่อมีการตอบรับแล้วให้ทำการส่งค่า CCH ไปยัง DS1820 โดยผ่านโปรแกรมย่อย DS1820 WR เพื่อส่งคำสั่ง Skip ROM ให้ข้ามการตรวจสอบ 64-BIT LASERED ROM และส่งค่า 44H เป็นคำสั่งให้ทำการแปลง ค่าอุณหภูมิมาเก็บไว้ที่หน่วยความจำ SCRATCHPAD ภายใน จากนั้นก็เริ่มส่งสถานะรีเซตใหม่ แล้วรอการตอบรับเช่นเดิม แต่จะทำการตรวจสอบสถานะบิต BUSY ว่าทำการแปลงค่าอุณหภูมิเสร็จแล้วหรือไม่ ถ้าไม่ให้วนโปรแกรมรอจนกว่าจะเสร็จสิ้นการแปลงค่า จากนั้นให้ส่งสถานะรีเซตใหม่ แล้วรอรับการตอบรับเช่นเดิม เมื่อมีการตอบรับแล้วทำการส่งค่า CCH เพื่อทำการ Skip ROM และส่งค่า BEH เป็นคำสั่งเรียกอ่านค่าจากหน่วยความจำสแครตซ์แพด จากนั้นให้อ่านค่าจาก DS1820 โดยเรียกโปรแกรมย่อย DS1820-RD ซึ่งการอ่านค่าในไบต์แรกนั้น จะได้ค่าอุณหภูมิในช่วง 8 บิตล่างออกมา ทำการเก็บค่าไว้ที่รีจิสเตอร์ TEMP อีกตัวหนึ่ง เพื่อนำมาใช้งานต่อไป จากนั้นให้ส่งสถานะรีเซตใหม่แล้วรอรับการตอบรับอีกครั้งหนึ่ง จากนั้นนำข้อมูลจากTEMP หมุนไปทางขวาโดยใช้แฟลกร่วมด้วย จะได้ค่าอุณหภูมิที่เป็นจำนวนเต็มพอดี โดยนำค่าที่ได้นี้มาแสดงบนจอ LCD

3.4.3 โปรแกรมการตรวจจับค่าออกซิเจน

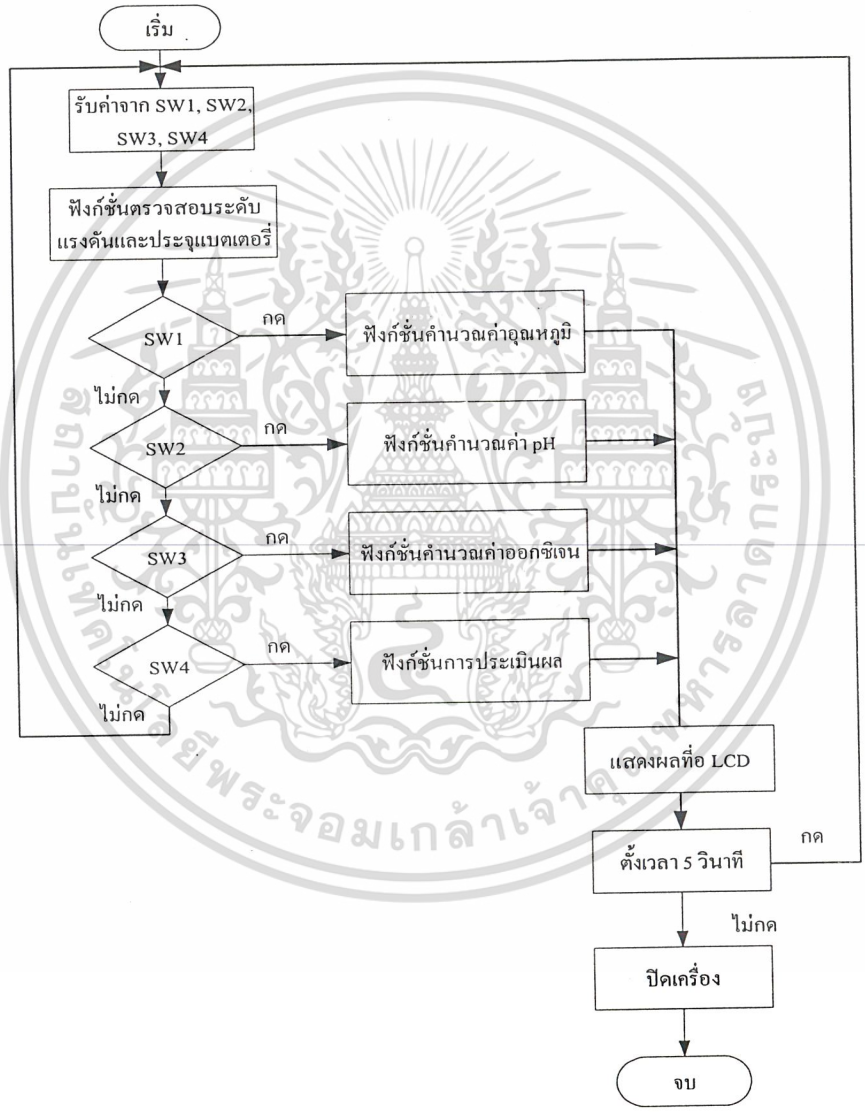


รูปที่ 3.17 ผังงานของโปรแกรมการตรวจจับค่าออกซิเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.17 เริ่มต้นโปรแกรมโดยการกำหนดค่าเริ่มต้นของพอร์ตใช้งาน จากนั้นก็จะรับค่ามาจากพอร์ตซึ่งมีขนาด 8 บิต โดยนำมาเก็บไว้ที่ตัวแปรชื่อ D อินพุต จากนั้นนำค่าที่ได้มาผ่านโปรแกรมย่อยเพื่อคำนวณหาค่าออกซิเจน แล้วทำการแปลงค่าเป็นรหัส ASCI จากนั้นนำค่าที่ได้มาเก็บไว้ในตาราง แล้วนำออกมาแสดงผลที่จอ LCD ต่อไป

3.4.4 โปรแกรมการเลือกสวิตช์ใช้งาน

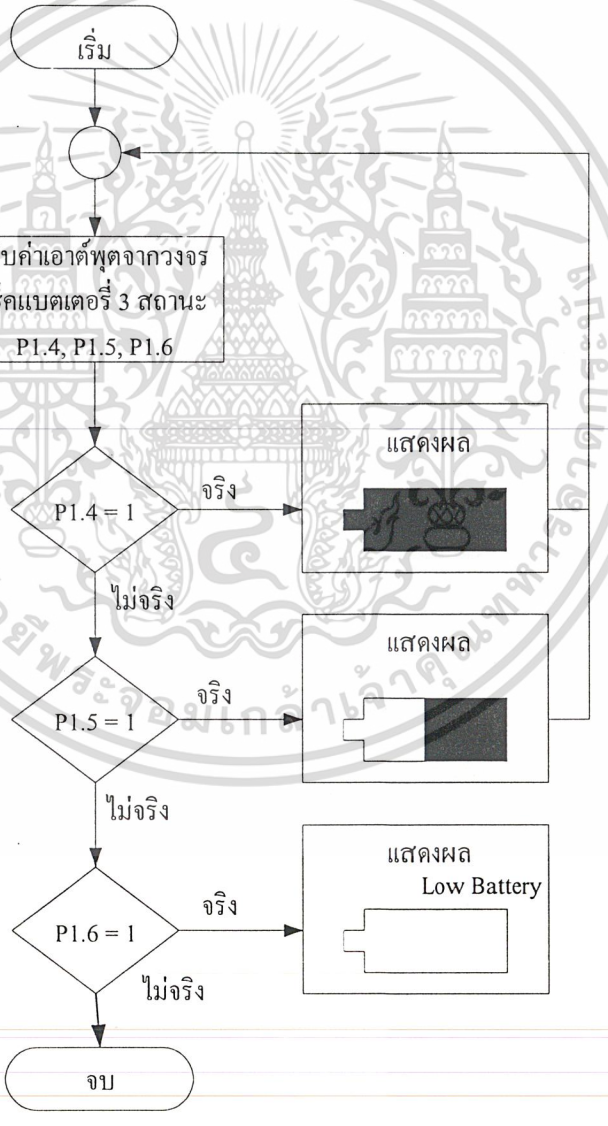


รูปที่ 3.18 ผังงานของโปรแกรมการเลือกสวิตช์ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.18 เริ่มต้นโปรแกรมโดยการรับค่าจากสวิตช์ซึ่งประกอบด้วยสวิตช์ทั้งหมด 4ตัว จากนั้นส่งต่อเข้าฟังก์ชั่นย่อยตรวจสอบระดับแรงดันและประจุแบตเตอรี่ การเลือกสวิตช์ถ้ามีการกดสวิตช์หมายเลข 1 จะส่งเข้าฟังก์ชั่นการคำนวณค่าอุณหภูมิ ถ้าหากกดสวิตช์หมายเลข 2 จะส่งเข้าฟังก์ชั่นการคำนวณค่า pH เมื่อกดสวิตช์หมายเลข 3 จะส่งเข้าฟังก์ชั่นการคำนวณค่าออกซิเจน และเมื่อกดสวิตช์หมายเลข 4 จะเข้าฟังก์ชั่นการวิเคราะห์และวินิจฉัยข้อมูลทั้งหมด เมื่อผ่านแต่ละฟังก์ชั่นก็จะมีการแสดงผลที่จอ LCD ทุกครั้ง

3.4.5 โปรแกรมการตรวจสอบแรงดันและประจุของแบตเตอรี่



รูปที่ 3.19 ผังงานของโปรแกรมการตรวจสอบแรงดันและประจุของแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.19 เริ่มต้นโปรแกรมโดยการเก็บค่าเอาต์พุตจากวงจรตรวจสอบแรงดันและประจุของแบตเตอรี่ ซึ่งมี 3 สถานะ ได้แก่ P1.4, P1.5 และ P1.6

โดยที่จะตรวจสอบว่าพอร์ต 1.4 มีค่าเท่ากับ 1 จริงหรือไม่ ถ้าจริงจะแสดงผลทางจอ LCD เป็นรูปมีแบตเตอรี่มีประจุเต็ม แต่ถ้าไม่เท่ากับ 1 จะส่งต่อเข้าพอร์ต 1.5 ตรวจสอบว่าพอร์ต1.5 มีค่าเท่ากับ 1 จริงหรือไม่ ถ้าจริงจะแสดงผลทางจอ LCD เป็นรูปมีแบตเตอรี่มีประจุครึ่งหนึ่ง แต่ถ้าไม่เท่ากับ 1 จะส่งต่อเข้าพอร์ต 1.6 ตรวจสอบว่าพอร์ต 1.6 มีค่าเท่ากับ 1 จริงหรือไม่ ถ้าจริงจะแสดงผลทางจอ LCD เป็นรูปแบตเตอรี่ที่ไม่มีประจุ และจะมีคำว่า Low Battery ขึ้นที่มุมขวาของหน้าจอ

3.4.6 โปรแกรมการเปรียบเทียบวินิจฉัยข้อมูล

จากรูปที่ 3.20 เริ่มต้นโปรแกรมโดยการรับค่าอินพุตเข้ามา ซึ่งได้แก่ค่าออกซิเจน, pH, และอุณหภูมิ จากนั้นนำค่าอินพุตเหล่านี้ไปทำการเปรียบเทียบกับค่าของเกณฑ์ที่วางไว้เพื่อใช้ในการวินิจฉัยข้อมูล แล้วส่งข้อมูลไปแสดงผลที่จอ LCD

เกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบมีดังต่อไปนี้

1) ค่าอุณหภูมิ

1.1) ต่ำกว่า 27 องศาเซลเซียส

1.2) 28-33 องศาเซลเซียส เป็นค่าที่เหมาะสม

1.3) มากกว่า 35 องศาเซลเซียส

2) ค่า pH

2.1) ต่ำกว่า 7 pH

2.2) 7.5-8.5 pH เป็นค่าที่เหมาะสม

2.3) มากกว่า 8.5 pH

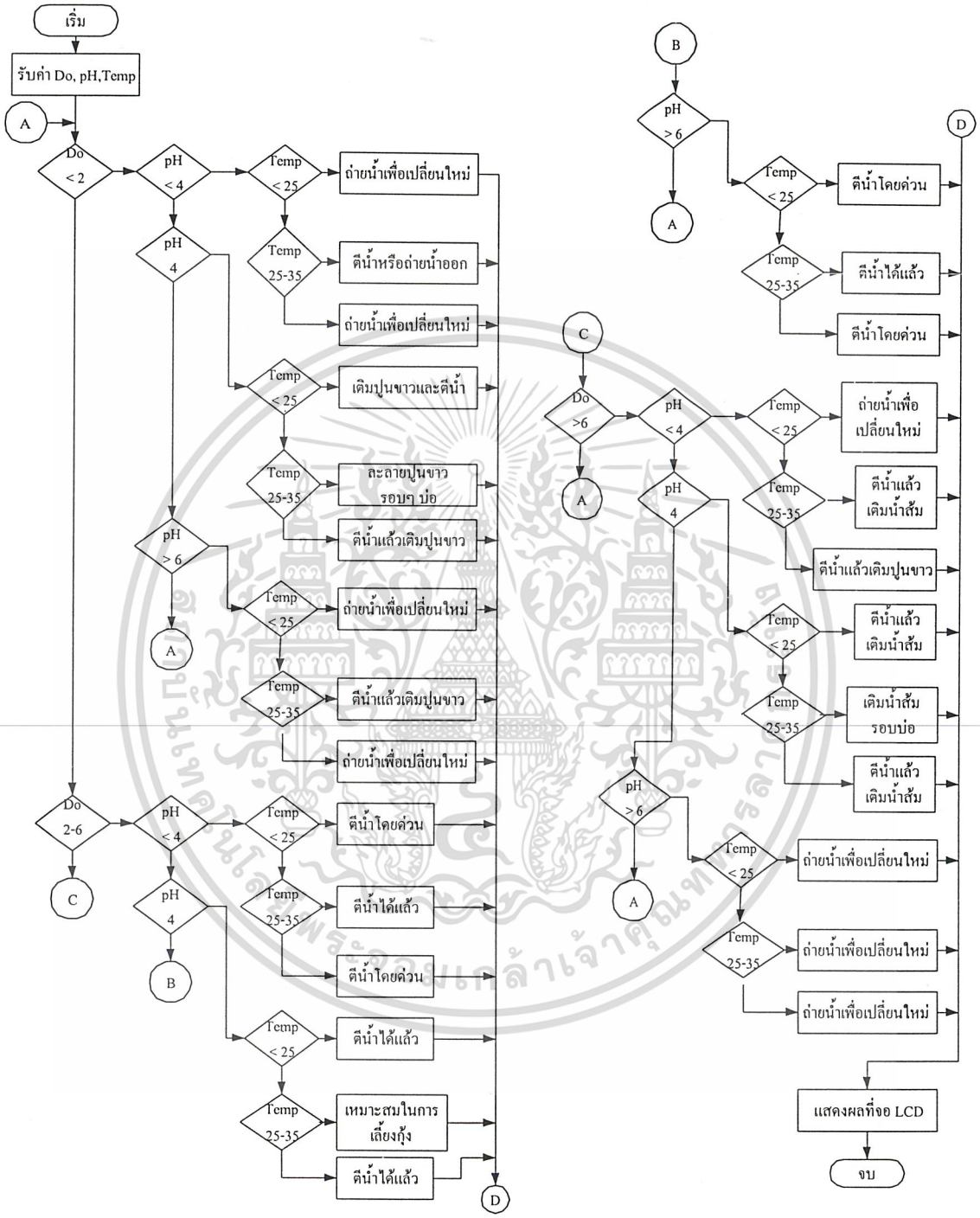
3) ค่าออกซิเจน

3.1) ต่ำกว่า 4.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

3.2) 5-6 มิลลิกรัมต่อลิตรเป็นค่าที่เหมาะสม

3.3) มากกว่า 6.3 มิลลิกรัมต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 ผังงานของโปรแกรมการเลือกสวิตช์ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลอง และผลการทดลอง

4.1 บทนำ

การทดลองวงจรในแต่ละส่วนของเครื่องวัดคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงกุ้งนี้ ก็เพื่อให้ทราบถึงการทำงานและปัญหาของวงจรต่างๆ เพื่อหาแนวทางแก้ไขและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นและไม่ให้เกิดปัญหาในภายหลังเมื่อจะนำวงจรมาประกอบรวมกันในเครื่องวัดคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงกุ้ง

ในส่วนของการทดสอบเครื่องมือวัดคุณสมบัติของน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงกุ้ง ผลปรากฏว่าเครื่องมือวัดคุณสมบัติของน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงกุ้งที่สร้างขึ้นสามารถวัดค่าออกซิเจน, ค่าอุณหภูมิ และค่าความเป็นกรด-ด่างได้ โดยทางกลุ่มได้นำเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงกุ้งไปทดสอบที่หน่วยตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบน้ำชายฝั่ง ของศูนย์พัฒนาการเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ตำบลท่าสะอ้าน อำเภอบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา เนื่องจากเป็นสถานที่ที่มีเครื่องมือวัดคุณสมบัติของน้ำที่พร้อม รวมทั้งมีบ่ออนุบาลกุ้งหลายๆ บ่อ ซึ่งสามารถใช้เป็นตัวอย่างน้ำในการทดสอบเครื่องมือได้ นอกจากนี้ยังมีนักวิชาการที่ทำการวิจัยคุณสมบัติของน้ำ ได้ให้คำแนะนำในการวิเคราะห์และวิธีการแก้ไขปัญหาคุณสมบัติของน้ำที่เกิดขึ้น ซึ่งเป็นประโยชน์ในการประเมินผลที่ถูกต้องของเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงกุ้งที่สร้างขึ้นมา

4.2 การทดลองวงจรตรวจจับอุณหภูมิ

4.2.1 ลำดับขั้นการทดลอง

1) ทำการต่อตัวตรวจจับอุณหภูมิ กับจุดต่อตัวตรวจจับบนตัวเครื่อง

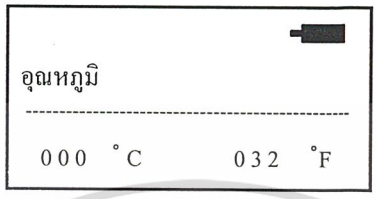
2) เปิดเครื่องโดยกดปุ่ม ON/OFF เครื่องก็จะทำการแสดงหน้าต่างดังรูปที่ 4.1

รูปที่ 4.1 หน้าจอแสดงผลเมื่อเปิดเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) นำตัวตรวจจับอุณหภูมิมาจุ่มลงในน้ำจากแหล่งน้ำบ่อที่ 1

4) ทำการกดปุ่ม T จนมีไฟแสดงสถานะของเครื่องมีการกระพริบแล้วปล่อยหน่วยประมวลผลจะประมวลผลที่ได้แล้วนำมาแสดงผลหน้าจอดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 หน้าจอแสดงผลเมื่อกดปุ่ม T

5) ใช้เครื่องมือวัดมาตรฐานวัดค่าอุณหภูมิในแหล่งน้ำบ่อที่ 1

6) วัดค่าอุณหภูมิในแหล่งน้ำบ่อที่เหลือ ตามตาราง

7) บันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1 การวัดค่าอุณหภูมิ

แหล่งน้ำ	ค่าอุณหภูมิวัดจากเครื่องมือมาตรฐาน		ค่าอุณหภูมิวัดจากเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำ	
	องศาเซลเซียส	องศาฟาเรนไฮต์	องศาเซลเซียส	องศาฟาเรนไฮต์
บ่อน้ำที่ 1	32	89.6	32	89.6
บ่อน้ำที่ 2	33	91.4	32.5	91
บ่อน้ำที่ 3	35	95	34.5	95
บ่อน้ำที่ 4	34	93.2	34	93.2
บ่อน้ำที่ 5	33	91.4	33	91.4

4.2.2 ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่า ค่าที่ได้จากการวัดค่าอุณหภูมิโดยใช้ไอซี DS1820 จะมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่วัดโดยเครื่องมือมาตรฐานที่ทำการสอบเทียบกัน โดยค่าจะผิดพลาดน้อยมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดสอบวงจรวัดค่า pH

4.3.1 ลำดับขั้นการทดลอง

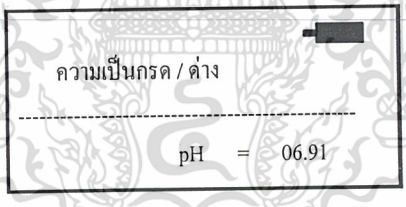
1) ทำการต่อตัวตรวจจับความเป็นกรด-ด่าง (pH) กับจุดต่อตัวตรวจจับบนตัวเครื่อง

2) เปิดเครื่องโดยกดปุ่ม ON/OFF เครื่องก็จะทำการแสดงหน้าต่างดังรูปที่ 4.3

รูปที่ 4.3 หน้าจอแสดงผลเมื่อเปิดเครื่อง

3) นำตัวตรวจจับความเป็นกรด-ด่าง มาจุ่มลงในน้ำจากแหล่งน้ำบ่อที่ 1

4) ทำการกดปุ่ม P จนมีไฟแสดงสถานะของเครื่องมีการกระพริบแล้วปล่อย หน่วยประมวลผลจะประมวลผลที่ได้แล้วนำมาแสดงผลหน้าจอดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 หน้าจอแสดงผลเมื่อกดปุ่ม P

5) ใช้เครื่องมือวัดมาตรฐาน วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ในแหล่งน้ำบ่อที่ 1

6) วัดค่าแรงดันเอาต์พุต

7) วัดค่าความเป็นกรด-ด่างในแหล่งน้ำบ่อที่เหลือตามตาราง

8) บันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 การวัดค่า pH

แหล่งน้ำ	ค่า pHวัดจากเครื่องมือมาตรฐาน	ค่า pH วัดจากเครื่องวัดคุณภาพน้ำ	แรงดันเอาต์พุต	
			วงจรขยาย (v)	เซนเซอร์ (mv)
บ่อที่ 1	4	3.39	1.42	12
บ่อที่ 2	7	6.82	2.51	3.0
บ่อที่ 3	7.9	7.37	2.63	0.6 - 1.2
บ่อที่ 4	8.3	8.1	2.91	0.4 - 1
บ่อที่ 5	10	10.01	3.89	1.3 - 1.7

4.3.2 ผลการทดลอง

จากการทดลองเมื่อทำการต่อตัวเซนเซอร์ pH เข้ากับวงจร และวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง เทียบกับเครื่องมือมาตรฐาน ผลปรากฏว่าค่าที่วัดได้มีความแตกต่างกันเล็กน้อย ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากวงจรขยายจากตัวเซนเซอร์ โดนก่อนการวัดแต่ละครั้งจะต้องทำการปรับค่า VR5 ของวงจรขยายที่ค่ามาตรฐาน pH7 ให้มีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุดก่อนที่จะทำการวัดน้ำในบ่อ เพื่อให้ได้ค่าถูกต้องมากที่สุด

4.4 การทดสอบวงจรวัดค่าออกซิเจน

4.4.1 ลำดับขั้นการทดลอง

1) ทำการต่อตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ กับจุดต่อตัวตรวจจับบนตัวเครื่อง

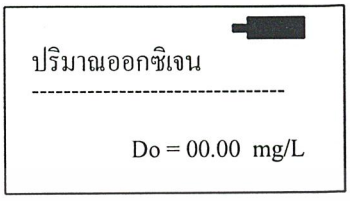
2) เปิดเครื่องโดยปุ่ม ON/OFF เครื่องก็จะทำการแสดงหน้าต่างดังรูปที่ 4.5

รูปที่ 4.5 หน้าจอแสดงผลเมื่อเปิดเครื่อง

3) นำตัวตรวจจับออกซิเจน มาจุ่มลงในน้ำจากแหล่งน้ำบ่อที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ทำการกดปุ่ม D จนไฟแสดงสถานะของเครื่องมีการกระพริบแล้วปล่อย หน่วยประมวลผลจะประมวลผลที่ได้แล้วนำมาแสดงผลหน้าจอดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 หน้าจอแสดงผลเมื่อกดปุ่ม D

5) ใช้เครื่องมือวัดมาตรฐานวัดค่าออกซิเจนในแหล่งน้ำบ่อที่ 1

6) วัดค่าแรงดันเอาต์พุต

7) วัดค่าออกซิเจนในแหล่งน้ำบ่อที่เหลือ ตามตารางที่ 4.3

8) บันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 4.3 การวัดค่าออกซิเจน

แหล่งน้ำ	ค่าออกซิเจนวัดจากเครื่องมือมาตรฐาน	ค่าออกซิเจนวัดจากเครื่องวัดคุณภาพน้ำ	แรงดันเอาต์พุต	
			วงจรขยาย (v)	เซนเซอร์ (mv)
บ่อที่ 1	4	3.97	1.02	40.2
บ่อที่ 2	3.9	3.8	0.912	47
บ่อที่ 3	3.8	3.74	0.912	50

4.4.2 ผลการทดลอง

จากการทดลองเมื่อต่อเซนเซอร์ออกซิเจนเข้ากับวงจร และทำการวัดค่าออกซิเจนในน้ำเทียบกับเครื่องมือมาตรฐาน ผลปรากฏว่า ค่าที่ได้จะใกล้เคียงกันมาก โดยค่าที่คลาดเคลื่อนนั้นอาจเกิดจากวงจรขยายสัญญาณที่ใช้

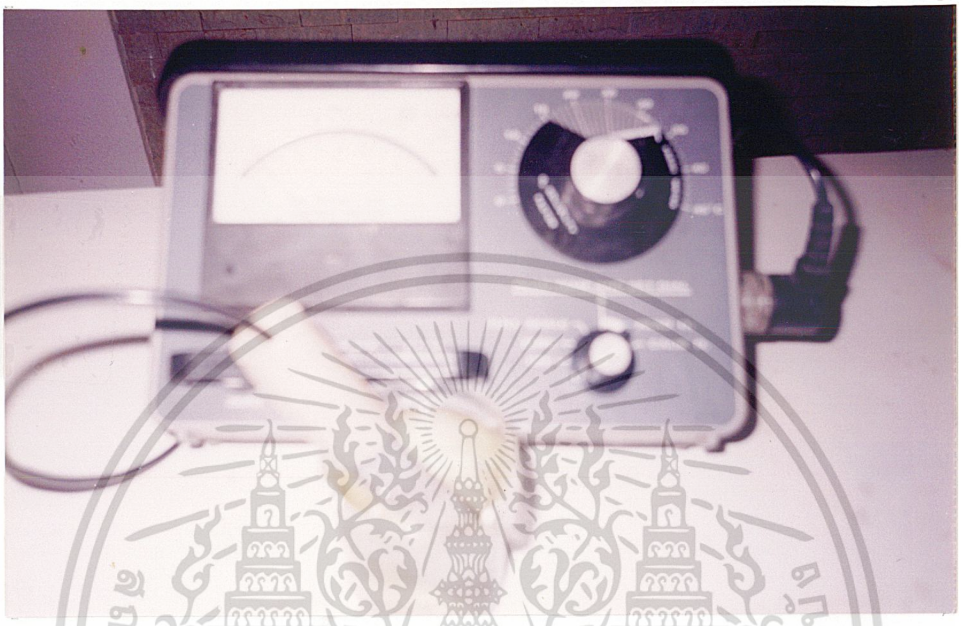
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 รูปภาพการทดลอง

รูปที่ 4.7 สถานที่ทดลอง

รูปที่ 4.8 แหล่งน้ำที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 เครื่องมือที่ใช้ในการปรับเทียบค่าออกซิเจน และอุณหภูมิ

รูปที่ 4.10 ตัวอย่างน้ำที่ใช้ในการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.11 การทดลองวัดค่าความเป็นกรด – ด่าง

รูปที่ 4.12 การทดลองวัดค่าอุณหภูมิในน้ำตัวอย่างที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.13 การทดลองวัดค่าอุณหภูมิในน้ำตัวอย่างที่ 2

รูปที่ 4.14 การทดลองวัดค่าออกซิเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.15 หน้าจอแสดงผลการประเมินผลรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และการพัฒนา

5.1 บทสรุป

ในการเลี้ยงกุ้งนั้นโดยหลักแล้วน้ำที่นำมาเพาะเลี้ยงนั้นต้องเป็นน้ำที่มีคุณภาพมาก อยู่ในเกณฑ์ที่สามารถทำให้กุ้งเจริญเติบโตได้ดี ผู้เลี้ยงสามารถเลี้ยงกุ้งได้ง่าย โตไว และไม่ขาดทุน อันเนื่องมาจากสาเหตุจากกุ้งที่เจริญเติบโตไม่เต็มที่ ดังนั้นเครื่องมือนี้จะช่วยให้ผู้เลี้ยงสามารถที่จะสามารถวิเคราะห์คุณภาพน้ำได้โดยตรง สามารถนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่ควรจะเป็น แล้วปฏิบัติกับน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งได้ต่อไป

เครื่องมือคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงกุ้งนี้ สามารถที่จะวัดค่าอุณหภูมิ วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ นอกจากนั้นยังมีข้อแนะนำเล็กน้อยสำหรับผู้เลี้ยงซึ่งได้จากการวิเคราะห์ของโปรแกรม จุดเด่นของเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงกุ้งสามารถสรุปได้ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1.1) สามารถวัดอุณหภูมิได้ 000.0-100.0 องศาเซลเซียส และ 32.0-212.0 องศาฟาเรนไฮต์

1.2) สามารถวัดค่าความเป็นกรดด่างได้ 00.00-14.00 pH

1.3) สามารถวัดค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำได้ 00.00-20.00 มิลลิกรัมต่อลิตร

1.4) มีข้อแนะนำสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล

1.5) จอแสดงผลเป็นแบบภาษาไทย อ่านง่าย ขนาด 4 x 16 ตัวอักษร

1.6) แสดงสถานะของพลังงานแบตเตอรี่

1.7) ขนาดกระทัดรัด พกพาได้สะดวกเพียง 15 x 21 x 7.6 เซนติเมตร

1.8) ใช้แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 1 ก้อน

จากการที่ทดลองใช้เครื่องมือวัดคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงกุ้งวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำโดยเทียบเครื่องมือมาตรฐานของศูนย์เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจังหวัดฉะเชิงเทรา ผลปรากฏว่าค่าที่วัดได้นั้นมีค่าใกล้เคียงกันแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการทดสอบขณะทำการวัดโดยใช้เครื่องมือมาตรฐานกับการวัดโดยใช้เครื่องมือวัดคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงกุ้งนั้นค่าของอุณหภูมิต่างกันจึงมีผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างต่างกัน ซึ่งในการใช้งานจริงค่าของการวัดที่ต่างกันเพียงเล็กน้อยนี้ไม่มีผลต่อการแก้ปัญหาคุณภาพน้ำในบ่อของเกษตรกร

ในส่วนของการทดลองวัดค่าอุณหภูมิ และค่าออกซิเจนผลปรากฏว่าสามารถวัดได้ใกล้เคียงกับค่าที่วัดกับเครื่องมือมาตรฐาน ซึ่งค่าที่แตกต่างกันเล็กน้อยนั้นเนื่องจากเครื่องวัดมาตรฐานนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของการทดลองวัดค่าอุณหภูมิ และค่าออกซิเจนผลปรากฏว่าสามารถวัดได้ใกล้เคียงกับค่าที่วัดกับเครื่องมือมาตรฐาน ซึ่งค่าที่แตกต่างกันเล็กน้อยนั้นเนื่องจากเครื่องวัดมาตรฐานนั้นเป็นแบบแอนะลอกจะใช้ค่าที่อ่านได้โดยประมาณเท่านั้น ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับการอ่านของผู้วัด ส่วนเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงกุ้งจะเป็นระบบดิจิตอลมีความสะดวกและรวดเร็วในการวัดและการวิเคราะห์ข้อมูล ขนาดของเครื่องวัดมีขนาดกระทัดรัด สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก

5.2 ปัญหา และแนวทางแก้ไข

จากการที่ได้ทำการทดลองวงจรการทำงานของเครื่องวัดคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงกุ้ง ทางคณะผู้จัดทำได้ทำการแยกปัญหาที่ได้เกิดขึ้นออกเป็นส่วนๆ ดังนี้

1) **ปัญหา** วงจรภาคจ่ายไฟที่ใช้ป้อนให้กับวงจรขยายสัญญาณต้องใช้แรงดันไฟเลี้ยงคู่ แต่วงจรที่ใช้เป็นแบตเตอรี่ที่ให้แรงดันไฟตรง

แนวทางแก้ไข ใช้ ไอซี ICL7660 ทำการแปลงไฟเลี้ยงเดี่ยวให้เป็นไฟเลี้ยงคู่ ซึ่งสามารถนำไปใช้กับวงจรขยายได้

2) **ปัญหา** วงจรขยายมีความผิดเพี้ยนของสัญญาณทำให้ค่าเอาต์พุตของวงจรที่ได้ไม่เป็นเชิงเส้น ดังนั้นไม่สามารถปรับแต่งอัตราการขยายได้

แนวทางแก้ไข เปลี่ยนวงจรขยายใหม่เลือกวงจรที่มีเอาต์พุตออกมาเป็นเชิงเส้นมากยิ่งขึ้นเพื่อความสะดวกในการปรับอัตราการขยาย

3) **ปัญหา** เมื่อนำวงจรขยายต่อรวมกับวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล สัญญาณที่ได้จากเอาต์พุตมีความผิดเพี้ยนไปจากเดิมไม่เป็นไปตามทฤษฎี เนื่องจากสัญญาณที่ขยายมีสัญญาณไซน์ปะปนมาด้วย

แนวทางแก้ไข เพิ่มวงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำต่อเข้าวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลจะทำให้เอาต์พุตที่ได้ไม่ผิดเพี้ยน

4) **ปัญหา** เซนเซอร์ที่ใช้งานทุกตัวทางบริษัทที่ขายเซนเซอร์ไม่มีข้อมูลการใช้งานมาให้

แนวทางแก้ไข เซนเซอร์อุณหภูมิเปลี่ยนมาใช้ไอซีตรวจจับอุณหภูมิ DS1820 แทน ส่วนเซนเซอร์วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง และออกซิเจน ใช้วิธีการวัดเทียบกับเครื่องมือมาตรฐานศูนย์การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 แนวทางการพัฒนา

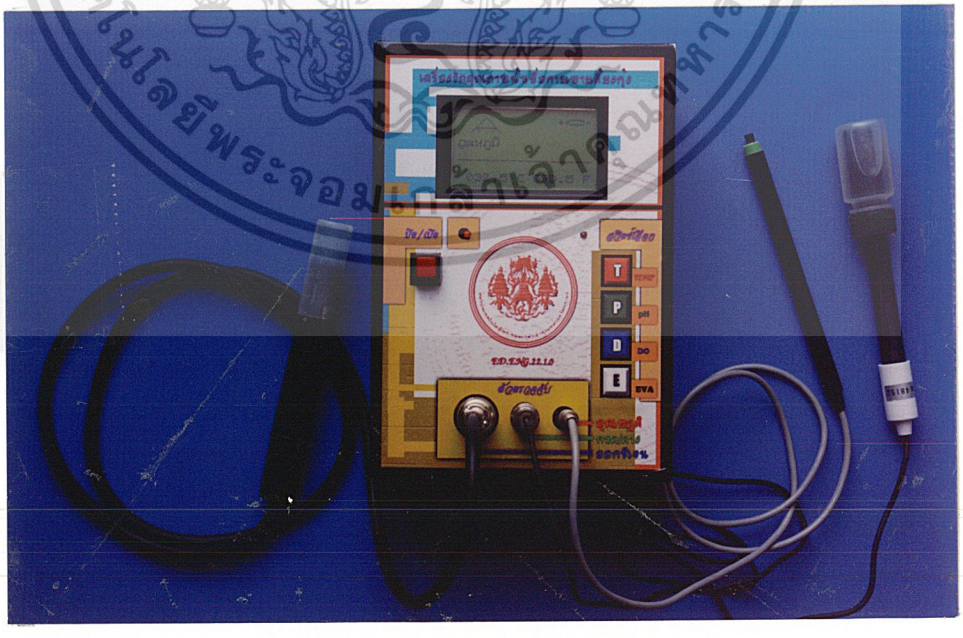
จากการทำเครื่องวัดคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงกุ้งเครื่องนี้จะเห็นว่าในส่วนที่ควรปรับปรุงหรือพัฒนาต่อ ส่วนของฮาร์ดแวร์จากเครื่องนี้จะประกอบด้วยชุดขยายสัญญาณที่ได้มาจากตัวเซนเซอร์ต้องสร้างถึง 2 ชุด ดังนั้นการพัฒนาต่อควรที่จะให้เซ็นเซอร์ทุกตัวใช้วงจรขยายชุดเดียวกันเพื่อขยายสัญญาณ และปรับปรุงในเรื่องของการใช้สวิตซ์เลือกอินพุต จากเครื่องนี้จะเห็นว่าเอาต์พุตที่ได้จาก IC4051B ไม่มีเสถียรภาพพอดังนั้นในการพัฒนาต่อจึงต้องหาสวิตซ์เลือกอินพุตใหม่ที่มีคุณภาพดีกว่าเครื่องนี้มาใช้ ส่วนของโปรแกรมในส่วนของการวิเคราะห์ผลการทดลองแล้วส่งผลวินิจฉัยผลออกมานั้นต้องหาข้อมูลที่ดี เชื่อถือได้ จะต้องมีข้อมูลหลายชนิดที่เกี่ยวข้องกับการเลี้ยงกุ้งไว้อย่างละเอียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
ลักษณะเครื่องวัดคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงกุ้ง

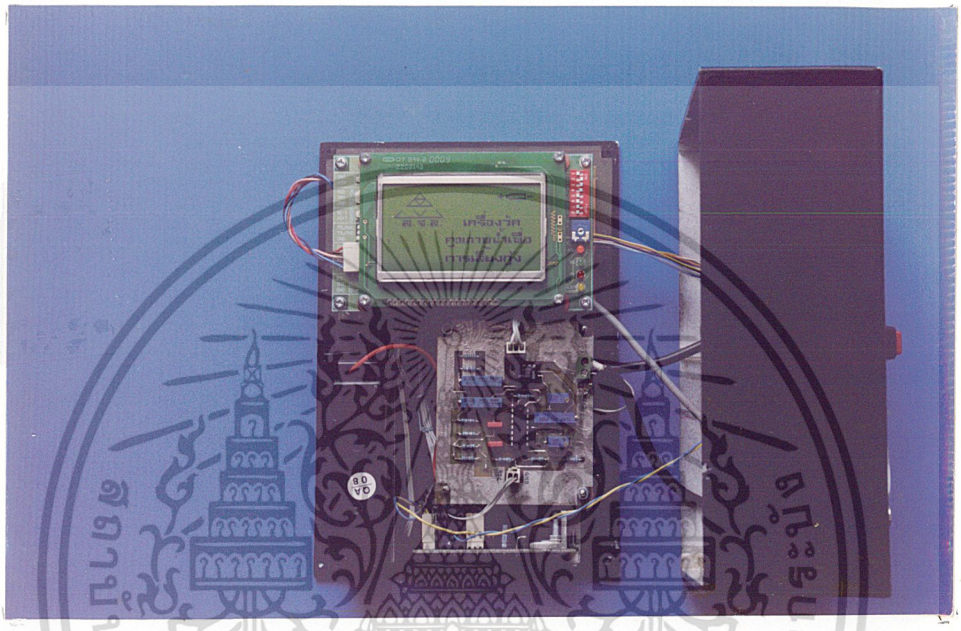
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.1 ลักษณะเครื่องด้านข้าง



รูปที่ ก.2 ลักษณะเครื่องเมื่อต่อกับเซนเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



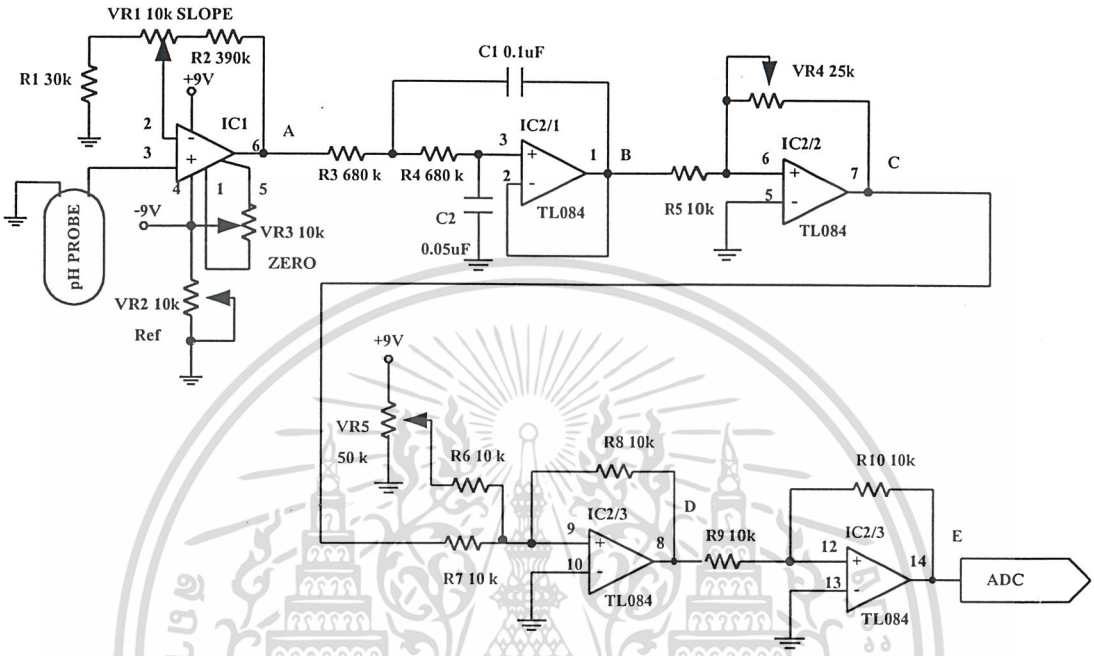
รูปที่ ก.3 ลักษณะการจัดวางตำแหน่งแผ่นวงจรพิมพ์ด้านในเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

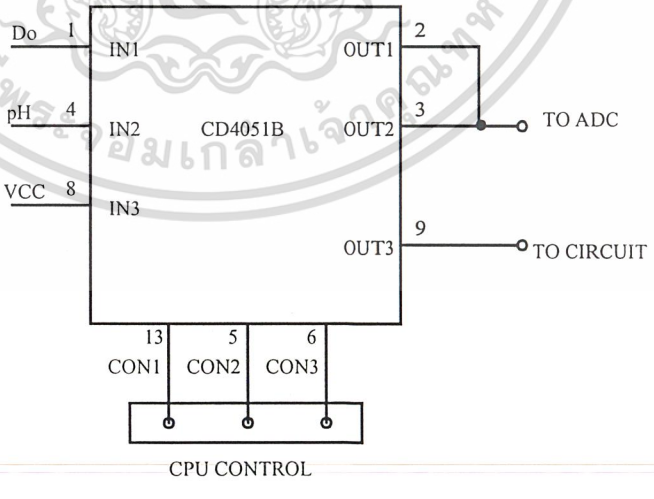
ภาคผนวก ข

วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

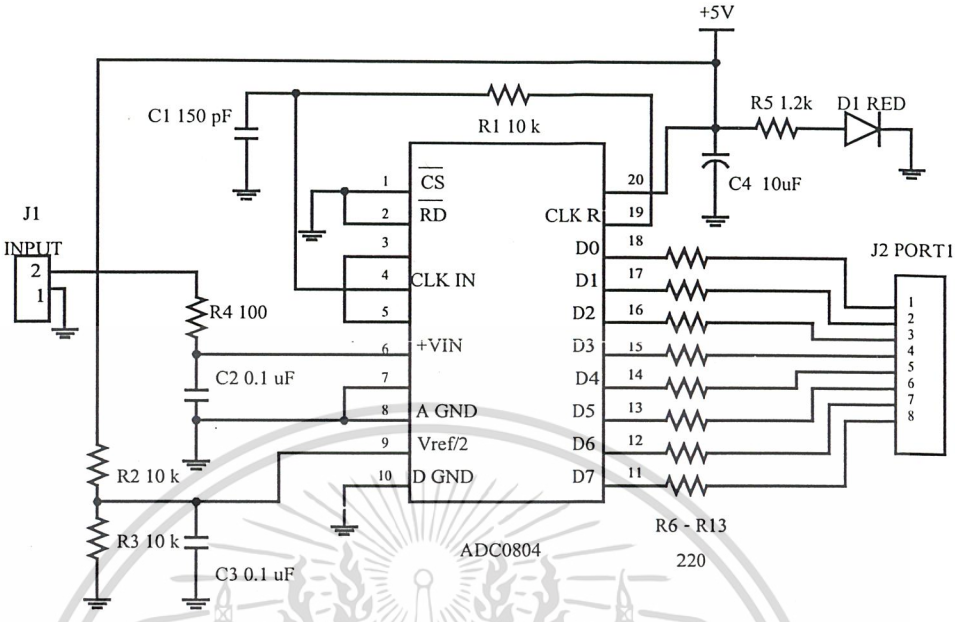


รูปที่ ข.1 วงจรขยายสัญญาณ

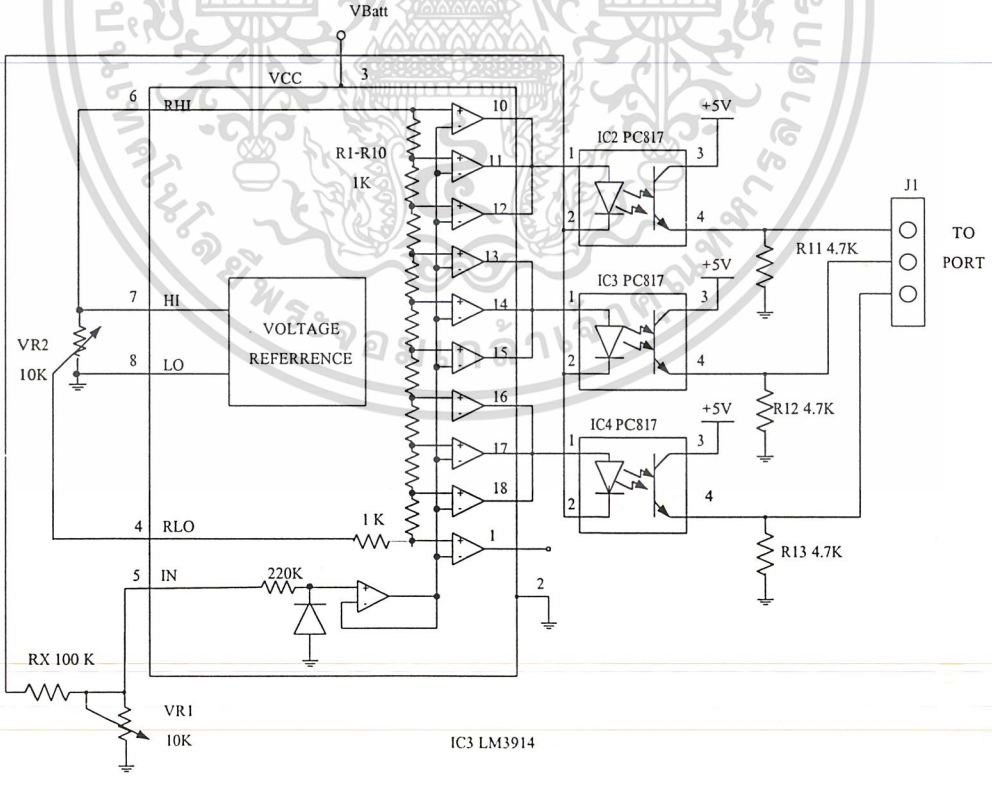


รูปที่ ข.2 วงจรสวิตซ์เลือกฟังก์ชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

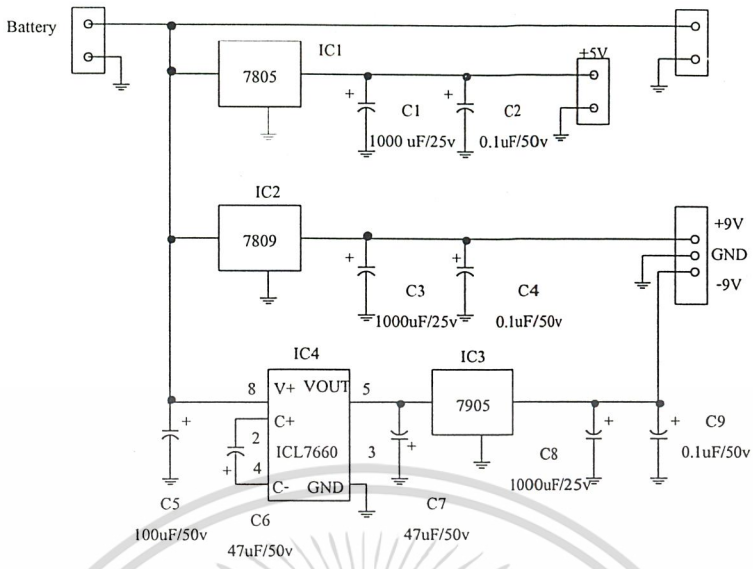


รูปที่ ข.3 วงจรแปลงสัญญาณแอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล

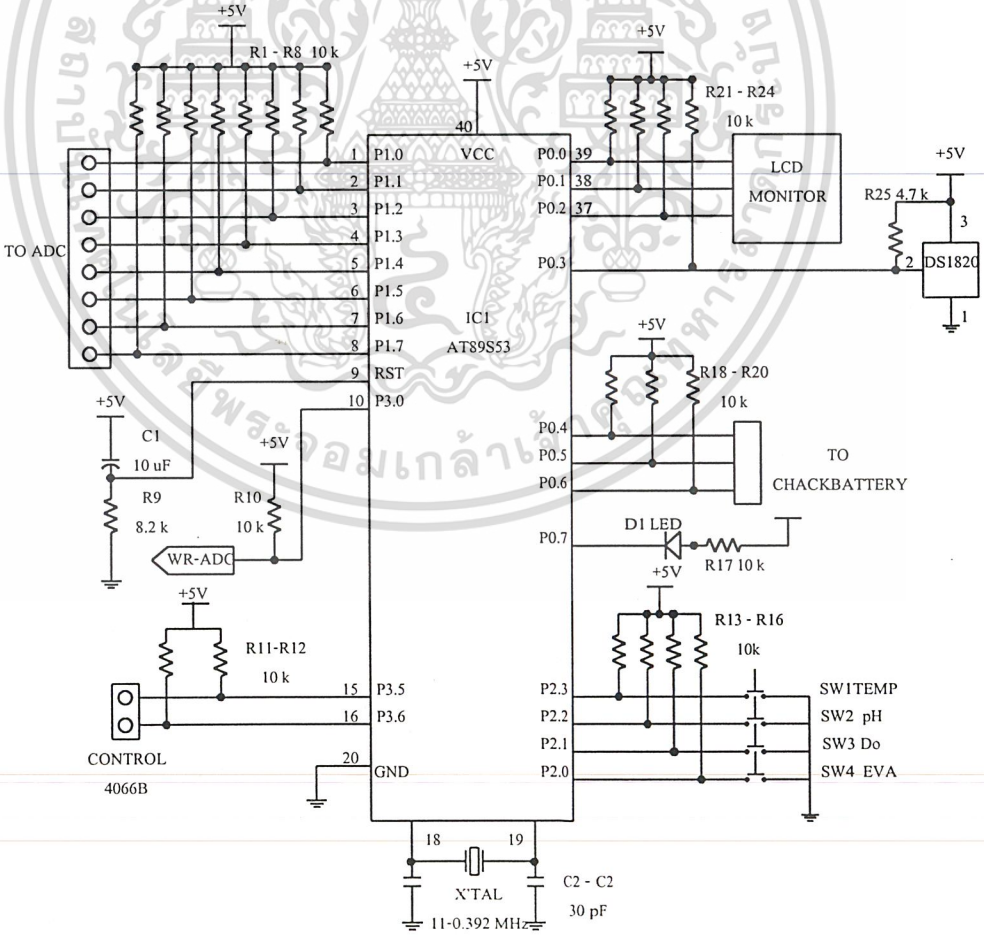


รูปที่ ข.4 วงจรตรวจสอบแรงดัน และเช็คประจุแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

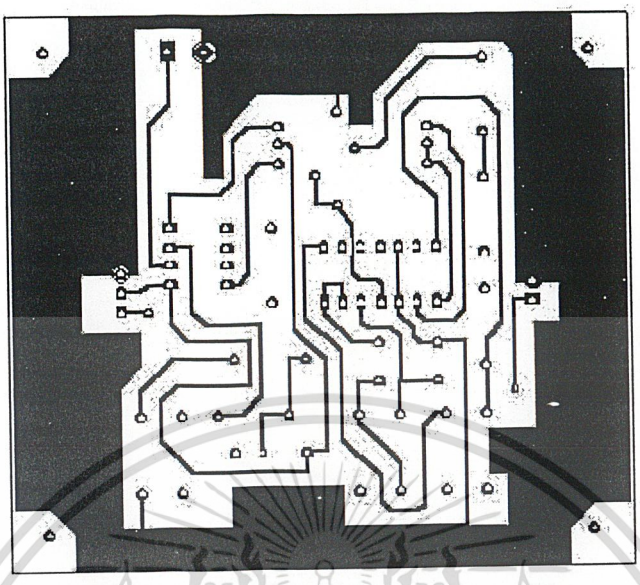


รูปที่ ข.5 วงจรภาคจ่ายไฟ

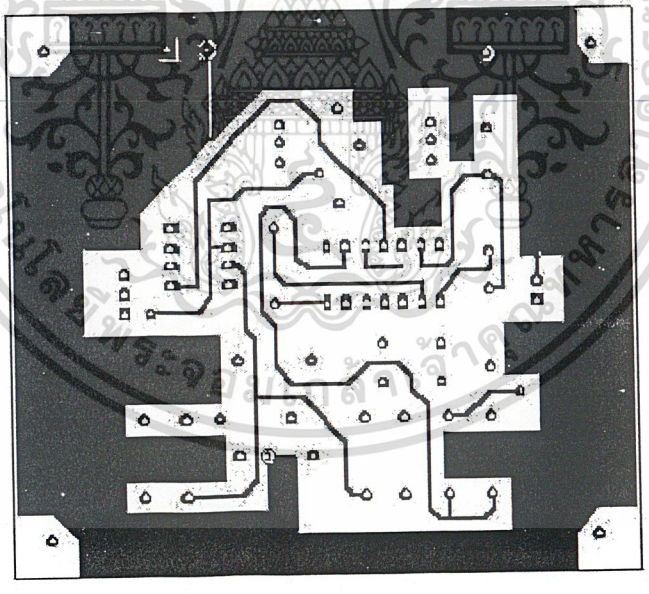


รูปที่ ข.6 วงจรควบคุมการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

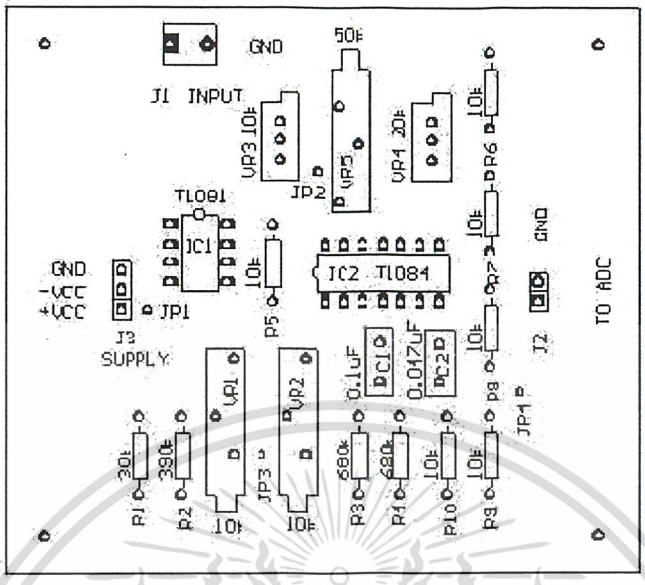


รูปที่ ข.7 ลายวงจรของภาคขยายสัญญาณ (ด้านบน)

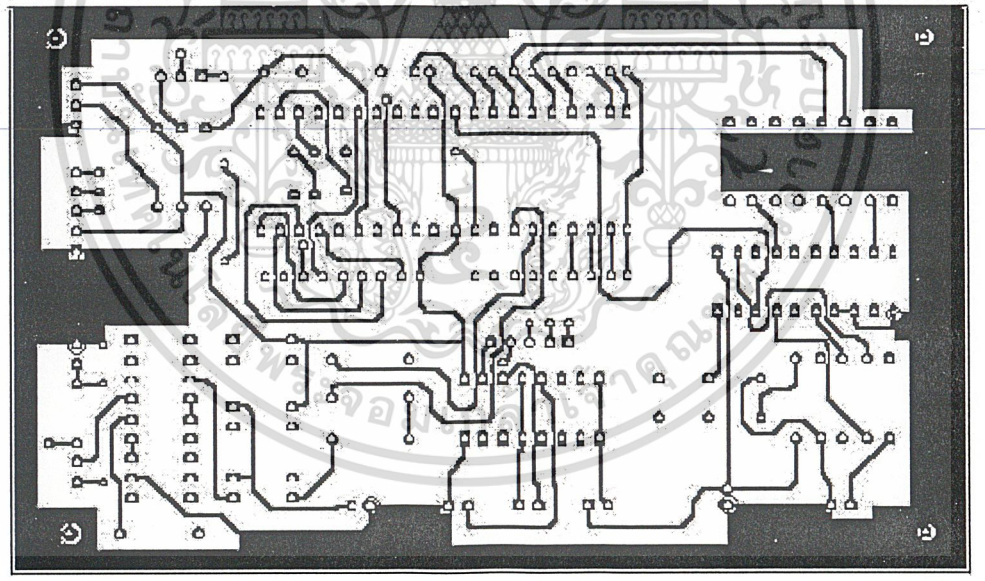


รูปที่ ข.8 ลายวงจรด้านหลังภาคขยายสัญญาณ (ด้านล่าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

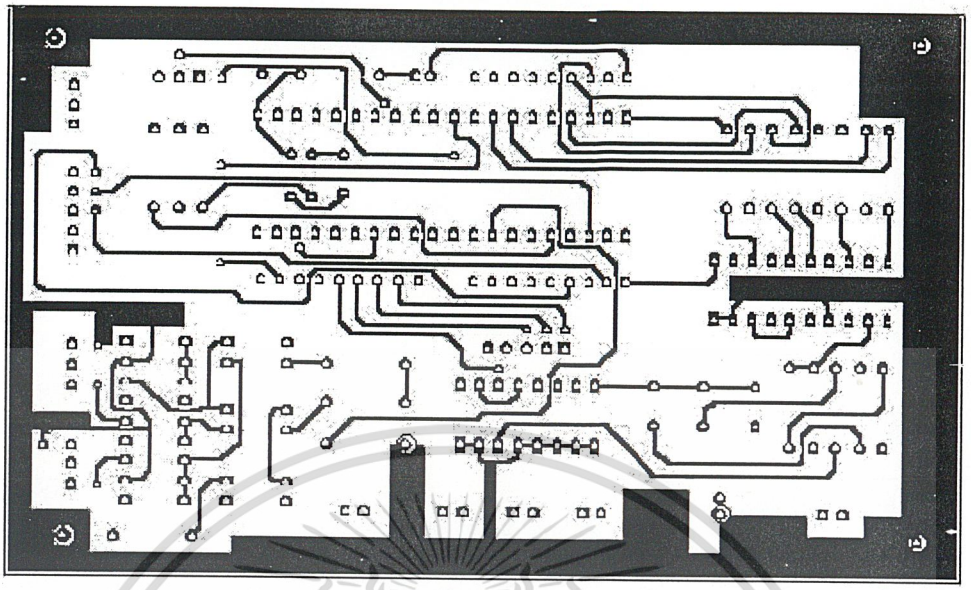


รูปที่ ข.9 การวางอุปกรณ์ภาคขยายสัญญาณ

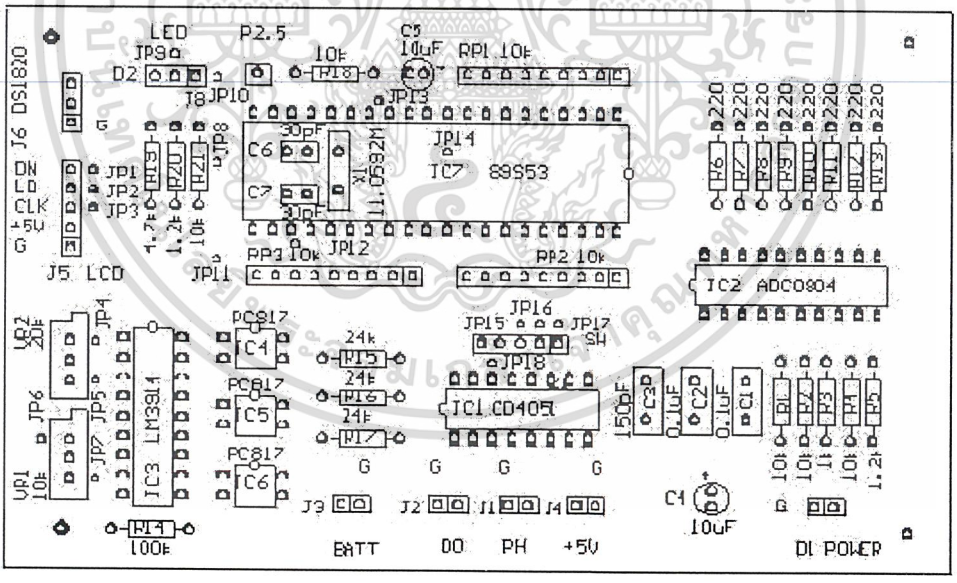


รูปที่ ข.10 ลายวงจรในส่วนของการแปลงสัญญาณแอนาลอกเป็นดิจิตอล,วงจรตรวจสอบแรงดัน และประจุของแบตเตอรี่และวงจรสวิตซ์ (ด้านบน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

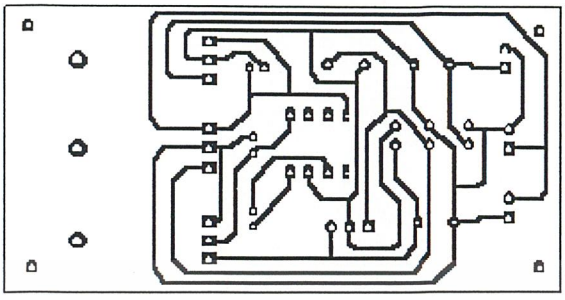


รูปที่ ข.11 ลายวงจรในส่วนของการแปลงสัญญาณแอนาลอกเป็นดิจิตอล,วงจรตรวจสอบแรงดัน และประจุของแบตเตอรี่ และวงจรสวิตซ์ (ด้านบน)

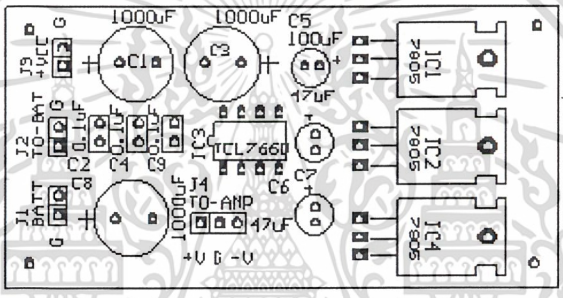


รูปที่ ข.12 การวางอุปกรณ์ในส่วนของการแปลงสัญญาณแอนาลอกเป็นดิจิตอล,วงจรตรวจสอบแรงดัน และประจุของแบตเตอรี่ และวงจรสวิตซ์

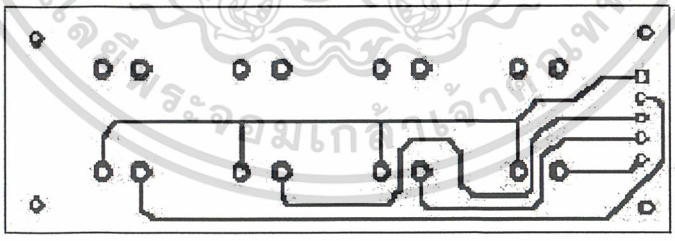
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.13 ลายวงจรในส่วนของวงจรภาคจ่ายไฟ

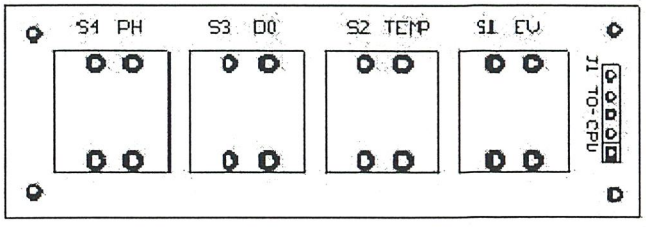


รูปที่ ข.14 การวางอุปกรณ์ในส่วนของวงจรภาคจ่ายไฟ



รูปที่ ข.15 ลายวงจรในส่วนของวงจรสวิตช์กดปุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.16 การวางอุปกรณ์ในส่วนของวงจรสวิตช์กดปุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

โปรแกรมการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;+++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
;     VARIABLE SET
;+++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++

TLCDCK   EQU    P0.0
TLCDLD   EQU    P0.1
TLCDDA   EQU    P0.2
;
s1          equ   p2.2
s2          equ   p2.1
s3          equ   p2.3
s4          equ   p2.0
;
con1        equ   p3.7
con2        equ   p3.6
stobe       equ   p0.7
;
trigwr            equ   p3.0
;
flag        equ   02fh
busy        bit   flag.0
onewire_data      equ   030h
onewire           bit   p0.3
;
tinput            equ   20h
pinput      equ   21h
dinput            equ   22h
;
a2d         equ   p1

lowb        equ   p0.4
medb        equ   p0.5
higb        equ   p0.6

;+++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
;     MAIN PROGRAM
;+++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++

            org         0000h
            call  pulse
            mov   a2d,#0ffh
            clr   con1
            clr   con2
            setb  medb
            clr   lowb
            clr   higb
            call  MENU
            call  BATF
sw1:        setb        s1
            jb          s1,sw2
            call  strobe
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                jnb         s1,$
                jnb         con1,x
                jmp         sw2
x:              setb        con1
                clr         con2
                jmp   pHF
                jmp         sw2

sw2:            setb        s2
                jb          s2,sw3
                call  strobe
                jnb         s2,$
                jnb         con2,xx
                jmp         sw3
xx:             setb        con2
                clr         con1
                jmp   DOF
                jmp         sw3
sw3:            setb        s3
                jb          s3,sw4
                call  strobe
                jnb         s3,$
                jmp   TEF
                jmp         sw4
sw4:            setb        s4
                jb          s4,sw1
                call  strobe
                jnb         s4,$
                jmp   EVAF
                jmp                 sw1
;-------------------------------------------------------
;check          press switch
;-------------------------------------------------------
chsw1:          jnb   s2,sw2
                jnb   s3,sw3
                jnb   s4,sw4
                ret
chsw2:          jnb   s3,sw3
                nb    s4,sw4
                jnb   s1,sw1
                ret
chsw3:          jnb   s4,sw4
                jnb   s2,sw2
                jnb   s1,sw1
                ret
chsw4:          jnb   s1,sw1
                jnb   s2,sw2
                jnb   s3,sw3
                call  BATF
                ret
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;+++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
;      PROCEDURE CHECK BATTERRY
;+++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++

BATF:        jb    lowb,dis_lowb
             jb    medb,dis_medb
             jb    higb,dis_higb
dis_lowb:    mov   dptr,#tlowb
             call  wrb
             ret
dis_medb:    mov   dptr,#tmedb
             call  wrb
             ret
dis_higb:    mov   dptr,#thigb
             call  wrb
             ret
;+++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
;      PROCEDURE   MENU
;+++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
MENU:        mov           r7,#63
             mov           DPTR,#m_pointb
mpoint2:     call  del_
             call          TLCDC L
             djnz          r7,mpoint2
             mov           r2,#30
             ret

;+++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
;      PROCEDURE MEASURENT TEMPERATURE
;+++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++

TEF:         mov   tinput,#00h
             setb  onewire

;;           mov   18h,#02
tfunc:       call  t_point
             call  ds1820_rst          ;ds1820 reset
             call  ds1820_pres         ;ds1820 presence
             mov   onewire_data,#0cch      ;write skip rom
             call  ds1820_wr
             mov   onewire_data,#44h       ;write convert
             command
             call  ds1820_wr
             setb  busy
 pres_chk_loop:    call  ds1820_rst
             call  ds1820_pres
             jb    busy,pres_chk_loop      ;wait for busy
             nop
             nop
             nop
             nop
             call  ds1820_rst
             call  ds1820_pres
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            mov   onewire_data,#0cch      ;write skip rom
            call  ds1820_wr
            mov   onewire_data,#0beh      ;write scartchpad
            call  ds1820_wr
            call  ds1820_rd
            mov   tinput,onewire_data           ;get first byte
            temp (L)
            call  chsw3
            call  C_F
            call  tmaind
            call  ds1820_rst
            call  ds1820_pres
;;          djnz  18h,tfunc
            call  chsw3
            jmp   TEF
;-------------------------------------------------------
;ds1820 data read
;-------------------------------------------------------
ds1820_rd:  mov   r4,#8                   ;set loop 8 time
            clr   a
ds1820_rd_loop:  clr   onewire                    ;clear onewire
            nop
            nop
            setb  onewire
            nop
            nop
            nop
            nop
            mov   c,onewire               ;get one wire to
            carry flag
            call  onewire_delay           ;delay 75us
            rrc   a
            djnz  r4,ds1820_rd_loop
            mov   onewire_data,a
            ret
;-------------------------------------------------------
;ds1820 data write
;-------------------------------------------------------
ds1820_wr:  mov   r4,#8
            mov   a,onewire_data
ds1820_wr_loop:  rrc   a
            jnc   ds1820_wr_l
            clr   onewire
            nop
            nop
            nop
            nop
            setb  onewire
            call  onewire_delay           ;delay 75us
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            ajmp  ds1820_wr_nx
ds1820_wr_1:clr   onewire
            call  onewire_delay          ;delay 75us
            setb  onewire
            nop
            nop
            nop
            nop
ds1820_wr_nx:     djnz  r4,ds1820_wr_loop
            ret

;-------------------------------------------------------
;ds1820 reset
;-------------------------------------------------------

ds1820_rst: clr   onewire
            call  delay_1ms
            setb  onewire
            mov   r4,#8
      djnz  r4,$
            ret

;-------------------------------------------------------
;ds1820 receive oresence pulse
;-------------------------------------------------------

ds1820_pres:      mov   r4,#8
ds1820_pres_1:    mov   r3,#0
ds1820_pres_2:    jnb   onewire,ds1820_pres_3
            djnz  r3,ds1820_pres_2
            djnz  r4,ds1820_pres_1
            ret

ds1820_pres_3:    jnb   onewire,$
            mov   r4,#8
            djnz  r4,$
            clr   busy
            ret
;-------------------------------------------------------
;dummy delay time onewire_delay
;-------------------------------------------------------
onewire_delay:          mov   r6,#012h
onewire_delay_1:  nop
            nop
            djnz  r6,onewire_delay_1
            ret
delay_1ms:  mov   r6,#0e6h
delay_1ms_1:      no
            nop
            djnz  r6,delay_1ms_1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            ret
;-------------------------------------------------------------
-----------------------------
;point to write LCD temperature main
;-------------------------------------------------------------
-----------------------------
t_point:    mov         r7,#05
            mov         DPTR,#t_pointb
point2:     call  del_
            call        TLCDC
            djnz        r7,point2
            mov         r2,#30
            ret
;-------------------------------------------------------------
-----------------------------
;write LCD temperature data
;-------------------------------------------------------------
-----------------------------
tMAINd:     mov   40h,#':'
            mov   41h,#'2'
            mov   42h,#' '
            mov   46h,#'.'
            mov   48h,#' '
            mov   49h,#'C'
            mov   4ah,#' '
            mov   4eh,#'.'
            mov   50h,#' '
mov   51h,#'F'
            mov   52h,#0dh
            call  del_
            mov   r0,#40h
            call        TLCDCd
            mov         r2,#30
            call        DTSEC
            ret
;-------------------------------------------------------------
--------
;calculate celcies and farenh
;-------------------------------------------------------------
-------
;c=32h x tinput
C_F:        mov   r0,#32h
            mov   r1,tinput
            call  mul8
            call  ch2d
;f=(5ah x tinput)+32
            mov   r0,#5ah
            mov   r1,tinput
            call  mul8
            mov   10h,r1
            mov   11h,r0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            call  fh2D1
            mov   r1,10h
            mov   r0,11h
            mov   r3,#00h              ;div 100
            mov   r2,#64h
            call  div16_16
            mov   r4,#00h
            mov   r5,#20h
            call  add16_16
            call  fh2d2
            re
;---------  ------------------------------------------------
---------
;celcies hex2decimal
;-----------------------------------------------------------
-------
ch2d:       mov   r3,#27H
            mov   r2,#10H
            call  div16_16
            call  ASCII
            mov   43h,r2                ;x100
            mov   r3,#03h
            mov   r2,#0e8h
            call  div16_16
            call  ASCII
            mov   44h,r2                ;x10
            mov   r3,#00h
            mov   r2,#64h
            call  div16_16
            call  ASCII
            mov   45h,r2                ;x1
            mov   r3,#00h
            mov   r2,#0ah
            call  div16_16
            call  ASCII
            mov   47h,r2                ;x-10
            call  ASCII
            mov   a,r0
            add   a,#30h                ;convert to ASCII
            mov   r0,a
;;          mov   47h,r0                :x-1
            ret
;-----------------------------------------------------------
--------
;farenh hex2decimal
;-----------------------------------------------------------
-------
fh2d1:      mov   r3,#27H
            mov   r2,#10H
            call  div16_16
            mov   r3,#03h
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                mov     r2,#0e8h
                call    div16_16
                mov     r3,#00h
                mov     r2,#64h
                call    div16_16
                mov     r3,#00h
                mov     r2,#0ah
                call    div16_16
                call    ASCII
                mov     4fh,r2              ;x-10
                call    ASCII
                mov     a,r0
                add     a,#30h              ;convert to ASCII
                mov     r0,a
;;              mov     4fh,r0              :x-1
                ret
fh2d2:          mov     r3,#27H
                mov     r2,#10H
                call    div16_16
                mov     r3,#03h
                mov     r2,#0e8h
                call    div16_16
                mov     r3,#00h
                mov     r2,#64h
                call    div16_16
                call    ASCII
                mov     4bh,r2              ;x100
                mov     r3,#00h
                mov     r2,#0ah
                call    div16_16
                call    ASCII
                mov     4ch,r2              ;x10
                call    ASCII
                mov     a,r0
                add     a,#30h              ;convert to ASCII
                mov     r0,amov     4dh,r0              :x1
                ret

;++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
;       PROCEDURE MEASURENT pH VALUE
;++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
;;              mov     18h,#02
pHF:            mov     pinput,#00h
                mov     pinput,a2d
                call    chsw1
                call    pH
                call    p_point
                call    pmaind
;;              djnz    18h,pfunc
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            call  chsw1
            jmp   pHF
;-------------------------------------------------------------

;point to write LCD pH main
;-------------------------------------------------------------

p_point:    mov         r7,#05
            mov         DPTR,#p_pointb
ppoint2:    call  del_
            call        TLCDC
            djnz        r7,ppoint2
            mov          r2,#30
            ret
;-------------------------------------------------------------

;write LCD temperature data
;-------------------------------------------------------------

pMAINd:     mov   53h,#':'
            mov   54h,#'2'
            mov   55h,#' '
            mov   56h,#' '
            mov   57h,#' '
            mov   58h,#' '
            mov   59h,#' '
            mov   5ah,#'p'
            mov   5bh,#'H'
            mov   5ch,#' '
            mov   5dh,#'='
            mov   5eh,#' '
            mov   61h,#'.'
            mov   64h,#' '
            mov   65h,#0dh

            call  del_
            mov   r0,#53h
            call        TLCDCd
            mov         r2,#30
            call        DTSEC
            ret
;-------------------------------------------------------------

;calculate celcies and farenh
;-------------------------------------------------------------

;pH=37h x pinput
pH:         mov   r0,#37h
            mov   r1,pinput
            call  mul8
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ddh2d:      mov   r3,#27H
            mov   r2,#10H
            call  div16_16
            call  ASCII
            mov   5fh,r2              ;x10
            mov   r3,#03h
            mov   r2,#0e8h
            call  div16_16
            call  ASCII
            mov   60h,r2              ;x1
            mov   r3,#00h
            mov   r2,#64h
            call  div16_16
            call  ASCII
            mov   62h,r2              ;x-100
            mov   r3,#00h
            mov   r2,#0ah
            call  div16_16
            call  ASCII
            mov   63h,r2              ;x-10
            call  ASCII
            mov   a,r0
            add   a,#30h              ;convert to ASCII
            mov   r0,a
;;          mov   47h,r0              :x-1
            ret

;++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
;     PROCEDURE MEASURENT  DO VALUE
;++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++

DOF:        call  D_point
dfunc:      mov   dinput,p1
            call  chsw2
            call  Do
            call  dmaind
            call  chsw2
            jmp   DOF
;-------------------------------------------------------

;point to write LCD DO
;-------------------------------------------------------

D_point:    mov         r7,#05
            mov         DPTR,#d_pointb
dpoint2:    call  del_
            call        TLCDC
djnz        r7,dpoint2
            mov         R2,#30
            ret
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;write LCD temperature data
;-------------------------------------------------------------

dMAINd:     mov   66h,#':'
            mov   67h,#'2'
            mov   68h,#' '
            mov   69h,#'D'
            mov   6ah,#'o'
            mov   6bh,#' '
            mov   6ch,#'='
            mov   6dh,#' '
            mov   70h,#'.'
            mov   73h,#' '
            mov   74h,#'m'
            mov   75h,#'g'
            mov   76h,#'/'
            mov   77h,#'L'
            mov   78h,#0dh
            call  del_
            mov   r0,#66h
            call        TLCDCd
            mov         r2,#30
            call        DTSEC
            ret
;-------------------------------------------------------------

;calculate DO
;-------------------------------------------------------------

;Do=4eh x pinput
Do:         mov   r0,#4eh
            mov   r1,dinput
            call  mul8

dh2d:       mov   r3,#27H
            mov   r2,#10H
            call  div16_16
            call  ASCII
            mov   6eh,r2              ;x10
            mov   r3,#03h
            mov   r2,#0e8h
            call  div16_16
            call  ASCII
            mov   6fh,r2              ;x1
            mov   r3,#00h
            mov   r2,#64h
            call  div16_16
            call  ASCII
            mov   71h,r2              ;x-100
            mov   r3,#00h
            mov   r2,#0ah
            call  div16_16
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            call  ASCII
            mov   72h,r2            ;x-10
            call  ASCII
            mov   a,r0
            add   a,#30h            ;convert to ASCII
            mov   r0,a
;;          mov   47h,r0            :x-1
            ret

;++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
;     PROCEDURE REPORT EVALUTION VALUE
;++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
EVAF:       call  e_point
            call  cheva
            call  wrchar
            call  chsw4
            jmp   sw4
;-------------------------------------------------------------
;position of evalution
;-------------------------------------------------------------
e_point:    mov       r7,#05
            mov       DPTR,#e_pointb
            call  wrchar1
            ret
;-------------------------------------------------------------
;check evalution result
;-------------------------------------------------------------
cheva:      clr       c
            mov       a,#33h            ;if DO less than 5
                      mg/l
            subb      a,dinput
            jnc       do1
            mov       a,#4dh            ;if DO less than 6
                      mg/l
            subb      a,dinput
            jnc       do22

 ;do3                                   if DO > 6 mg/l
            clr       c
            mov       a,#6fh            ;if pH 0 - 6
            subb      a,pinput
            jnc       ph7
            mov       a,#0a7h            ;if pH 7-9
            subb      a,pinput
            jnc       ph8
 ;ph9                          ;if pH > 6
            clr       c
            mov       a,#36h            ;if less than 28 c
            subb      a,tinput
            jnc       te25
            mov       a,#46h            ;if less than 33 c
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                subb        a,tinput
                jnc         te26
;te27                       ;if temp > 33 c
                mov   dptr,#t27
                ret
te25:           mov   dptr,#t25
                ret
te26:           mov   dptr,#t26
                ret
ph7:            clr         c
                mov         a,#36h          ;if less than 28 c
                subb        a,tinput
                jnc         te19
                mov         a,#46h          ;if less than 33 c
                subb        a,tinput
                jnc         te20
;te21                  ;if temp > 33 c
                mov   dptr,#t21
                ret
te19:           mov   dptr,#t19
                ret
te20:           mov   dptr,#t20
                ret
ph8:            clr         c
                mov         a,#36h          ;if less than 28 c
                subb        a,tinput
                jnc         te22
                mov         a,#46h          ;if less than 33 c
                subb        a,tinput
                jnc         te23
;te24                       ;if temp > 33 c
                mov   dptr,#t24
                ret
te22:           mov   dptr,#t22
                ret
te23:           mov   dptr,#t23
                ret
;-------------------------------------------------------------
do22:           jmp   do2
do1:            clr         c
                mov         a,#6fh          ;if pH 0 - 6
                subb        a,pinput
                jnc         ph1
                mov         a,#0a7h          ;if pH 7 -9
                subb        a,pinput
                jnc         ph2
;ph3                        ;if pH > 6
                clr         c
                mov         a,#36h          ;if less than 28
                subb        a,tinput
                jnc         te7
                mov         a,#46h          ;if less than 33 c
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                subb        a,tinput
                jnc         te8
;te9                        ;if temp > 33 c
                mov   dptr,#t09
                ret
te7:            mov   dptr,#t07
                ret
te8:            mov   dptr,#t08
                ret
ph1:            clr         c
                mov         a,#36h          ;if less than 28 c
                subb        a,tinput
                jnc         te1
                mov         a,#46h          ;if less than 33 c
                subb        a,tinput
                jnc         te2
;te3                        ;if temp > 33 c
                mov   dptr,#t03
                ret
te1:            mov   dptr,#t01
                ret
te2:            mov   dptr,#t02
                ret
ph2:            clr         c
                mov         a,#36h          ;if less than 28 c
                subb        a,tinput
                jnc         te4
                mov         a,#46h          ;if less than 33 c
                subb        a,tinput
                jnc         te5
;te6                        ;if temp > 33 c
                mov   dptr,#t06
                ret
te4:            mov   dptr,#t04
                ret
te5:            mov   dptr,#t05
                ret
;-----------------------------------------------------------------

do2:            clr         c
                mov         a,#6fh          ;if pH 0 - 6
                subb        a,pinput
                jnc         ph4
                mov         a,#0a7h          ;if pH 7- 9
                subb        a,pinput
                jnc         ph5
;ph6                                ;if pH > 9
                clr         c
                mov         a,#36h          ;if less than 28 c
                subb        a,tinput
                jnc         te16
                mov         a,#46h          ;if less than 33 c
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                subb        a,tinput
                jnc         te17
;te18                       ;if temp > 33 c
                mov   dptr,#t18
                ret
te16:           mov   dptr,#t16
                ret
te17:           mov   dptr,#t17
                ret
ph4:            clr         c
                mov         a,#36h          ;if less than 28 c
                subb        a,tinput
                jnc         te10
                mov         a,#46h          ;if less than 33 c
                subb        a,tinput
                jnc         te11
;te12                       ;if temp > 33 c
                mov   dptr,#t12
                ret
te10:           mov   dptr,#t10
                ret
te11:           mov   dptr,#t11
                ret
ph5:            clr         c
                mov         a,#36h          ;if less than 28 c
                subb        a,tinput
                jnc         te13
                mov         a,#46h          ;if less than 33 c
                subb        a,tinput
                jnc         te14
;te15                       ;if temp > 33 c
                mov   dptr,#t15
                ret
te13:           mov   dptr,#t13
                ret
te14:           mov   dptr,#t14
                ret
;++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
;     PROCEDURE FUNCTION FREE FOR ALL
;++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++

;--------------------------------------------------------------

; STROBE PIN LED
;--------------------------------------------------------------

strobe:     clr   stobe
            call  pulsex
            setb  stobe
            call  pulsex
            ret
pulsex:     mov   r1,#00h
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
pulsex2:    mov   r0,#00h
            djnz  r0,$
            djnz  r1,pulsex2
            ret
;-------------------------------------------------------------

;triger pin WR of ADC0804
pulse:      clr   trigwr
            call  pulse1
            setb  trigwr
            call  pulse1
            ret
pulse1:     mov   r1,#05h
            djnz  r0,pulse1
            ret


;-------------------------------------------------------------

;convert to ASCII
;-------------------------------------------------------------

ASCII:      mov   a,r2
            add   a,#30h          ;convert to ASCII
            mov   r2,a
            ret
;-------------------------------------------------------------

;add 16 bit
;-------------------------------------------------------------

ADD16_16:   mov   A,r2          ;Move the low-byte into the
accumulator
            add   A,r5          ;Add the second low-byte to the
accumulator
            mov   r0,A          ;Move the answer to the low-byte
of the result
            mov   A,r3          ;Move the high-byte into the
accumulator
            addc  A,r4          ;Add the second high-byte to the
accumulator, plus carry.
            mov   r1,A          ;Move the answer to the high-byte
of the result
            mov   A,#00h        ;By default, the highest byte
will be zero.
            addc  A,#00h        ;Add zero, plus carry from step
2.
      mov   r2,A  ;Move the answer to the highest byte of
the result
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            ret
;-------------------------------------------------------------

;multiple 8 bit
;-------------------------------------------------------------

mul8:       mov   a,r0
            mov   b,r1
            mul   ab
            mov   r1,b
            mov   r0,a
            ret
;-------------------------------------------------------------

;divider 16 bit
;-------------------------------------------------------------

;-------------------------------------------------------------

;divider 16 bit
;-------------------------------------------------------------

div16_16:   mov  r4,#00h
            mov  r5,#00h
            mov   r6,#00h
            mov   r7,#00h
            mov   B,#00h        ;Clear B since B will count the
                                number of left-shifted bits
div1:       inc  B              ;Increment counter for each left shift
            mov  A,r2           ;Move the current divisor low byte into
                                the accumulator
            rlc A               ;Shift low-byte left, rotate through
                                carry to apply highest bit to high-byte
            mov r2,A            ;Save the updated divisor low-byte
            mov A,r3            ;Move the current divisor high byte
                                into the accumulator
            rlc A               ;Shift high-byte left high, rotating in
                                carry from low-byte
            mov r3,A            ;Save the updated divisor high-byte
            jnc div1            ;Repeat until carry flag is set from
high-byte
div2:               ;Shift right the divisor
            mov A,r3            ;Move high-byte of divisor into
accumulator
            rrc A               ;Rotate high-byte of divisor right and
into carry
            mov r3,A            ;Save updated value of high-byte of
divisor
      mov A,r2      ;Move low-byte of divisor into
accumulator
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            rrc A       ;Rotate low-byte of divisor right, with
                        carry from
                        high-byte
            mov r2,A    ;Save updated value of low-byte of
divisor
            clr C       ;Clear carry, we don't need it anymore
            mov 07h,r1  ;Make a safe copy of the dividend high-
byte
            mov 06h,r0  ;Make a safe copy of the dividend low-
byte
            mov A,r0    ;Move low-byte of dividend into
accumulator
            subb A,r2   ;Dividend - shifted divisor = result
            bit (no factor, only 0 or 1)
            mov r0,A    ;Save updated dividend
            mov A,r1    ;Move high-byte of dividend into
accumulator
            subb A,r3   ;Subtract high-byte of divisor (all
                        together 16-bit substraction)
            mov r1,A    ;Save updated high-byte back in high-
byte of divisor
            jnc div3    ;If carry flag is NOT set, result is 1
            mov r1,07h  ;Otherwise result is 0, save copy of
            divisor to undo subtraction
            mov r0,06h
div3:       cpl C       ;Invert carry, so it can be directly
copied into result
            mov A,r4
            rlc A       ;Shift carry flag into temporary result
            mov r4,A
            mov A,r5
            rlc A
            mov r5,A
            djnz B,div2         ;Now count backwards and repeat
until "B" is zero
            mov r3,05h          ;Move result to R3/R2
            mov r2,04h          ;Move result to R3/R2
            ret
;-----------------------------------------------------------------

;delay_lcd
;-----------------------------------------------------------------

del_:       mov   r1,#00h
del1:       mov   r3,#00h
            nop
            nop
            djnz  r3,$
            djnz  r1,del1
      ret
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;------------- DTSEC SUB--------------
DTSEC:      mov         r3,#179
DTSEC1:     mov         r4,#0
            djnz        r4,$
            nop
            nop
            djnz        r3,DTSEC1
            djnz        r2,DTSEC
            ret
;-------------------------------------------------------------

;write_lcd  BATT
;-------------------------------------------------------------

wrb:        mov         r7,#04
wrb1:       call  del_
            call        TLCDC
            djnz        r7,wrb1
            mov         r2,#30
            call  DTSEC
            ret
;write_lcd  character
wrchar:     mov         r7,#05
wrchar1:    call  del_
            call        TLCDC
            djnz        r7,wrchar1
            mov         r2,#30
            call  DTSEC
            ret
;-------------------------------------------------------------

;command_lcd
;-------------------------------------------------------------

TLCDC:      clr         A
            movc        A,@A+DPTR
            cjne        A,#0DH,TLCDC2
            call        TLCDB           ;END TEXT
            inc         DPTR
            mov         r2,#216         ;DELAY 120 mS
TLCDC1:     mov         r3,#0
            djnz        r3,$
            djnz        r2,TLCDC1
            ret
TLCDC2:     call  TLCDB
            inc         DPTR
            sjmp        TLCDC
;-------------------------------------------------------------

;command_lcd data
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
TLCDCd:     clr         A
            mov         A,@r0
            cjne        A,#0DH,TLCDC2d
            call        TLCDB               ;END TEXT
          ;  inc        DPTR
            mov         r2,#216             ;DELAY 120 mS
TLCDC1d:    mov         r3,#0
            djnz        r3,$
            djnz        r2,TLCDC1d
            ret

TLCDC2d:    call  TLCDB
            inc         r0
            sjmp        TLCDCd
;-------------------------------------------------------------

;load byte lcd
;-------------------------------------------------------------

TLCDB:      mov         r2,#8
TLCDB1:     rlc         A
            mov         TLCDDA,C            ;DATA
            clr         TLCDCK              ;CLOCK 20 uS (LOW)
            mov         r3,#4
djnz        r3,$
            setb        TLCDCK
            mov          r3,#4
            djnz        r3,$
            djnz        r2,TLCDB1
            clr         TLCDLD              ;LOAD CLOCK (LO
            mov         r3,#50
            djnz        r3,$
            setb        TLCDLD
            ret

;++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
;     DATA TABLE
;++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++

;-------------------------------------------------------------

;menu  data table
;-------------------------------------------------------------

m_pointb:   db      ':5',0DH
            db      ':1000',0Dh
            db     ':2   ',0Dh
            db      ':30020',0DH
            db      ':4804020100804020408102040 80',0DH
      db     ':30117',0DH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
db      ':41c2a49880808080808080808080888',0DH
db      ':30133',0DH
db      ':4492a1c0810204080',0DH
db     ':30112',0DH
db     ':48040201008',0DH
db     ':30205',0DH
db      ':44060504844424140404040',0DH
db      ':30217',0DH
db      ':44040404041424448506050484442414 0',0DH
db      ':30233',0DH
db     ':44040404040404041424448506040',0DH
db     ':30549',0DH
db      ':4001f1f85858181cfcf001f11011f1f08',0DH
db      ':30749',0DH
db      ':4001f1f010101011f1f000101011f1f',0DH
db      ':31013',0DH
db      ':4e0a0a0a0',0DH
db      ':31017',0DH
db      ':4a0f0e0f6',0DH
db      ':31039',0DH
db      ':460604040',0DH
db      ':31101',0DH
db      ':4003e3e30003e3e0a0a023e3e000c0c0a',0DH
db      ':31117',0DH
db      ':42a2a3a3a003a2a22223e3e0008183022',0DH
db      ':31133',0DH
db      ':43e3e00020202023 23e3e003e3e0a0a02',0DH
db      ':31442',0DH
db      ':41070402010',0DH
db      ':31501',0DH
db      ':407070515151d1d001f1f18001d1d1505',0DH
db      ':31517',0DH
db      ':41d111f001f1f1514101f1f00040c1810',0DH
db      ':31533',0DH
db      ':4111f1f001f1f818181dfdf0002060c18',0DH
db      ':31149',0DH
db      ':43e3e',0DH
db      ':31231',0DH
db      ':47050',0DH
db      ':31233',0DH
db      ':47107040201000000000000007050505050',0DH
db      ':31249',0DH
db      ':45078707b',0DH
db      ':31301',0DH
db      ':41f1f00101f1f01011f1f000101011f1f',0DH
db      ':31317',0DH
db     ':400011f1f101f101f1f00011e1f081817',0DH
db      ':31333',0DH
db      ':4180001010 11f1f001f1f1800011f1f10',0DH
db     ':31349',0DH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            db    ':41f101f1f001d151511111f1f',0DH
            db     ':31413',0DH
            db     ':470505050',0DH
            db     ':31417',0DH
            db     ':4505079010302020202',0DH
            db     ':31549',0DH
            db     ':4111f1f',0DH
;-------------------------------------------------------------

;temperature data table
;-------------------------------------------------------------

t_pointb:   db          ':1100',0DH
            db    ':2อุณหภูมิ           ',0DH
            db    ':1200',0dh
            db    ':2----------------',0dh
            db    ':1300',0dh
;-------------------------------------------------------------

;pH data table
;-------------------------------------------------------------

p_pointb:   db          ':1100',0DH
            db    ':2ค่าความกรด-ด่าง    ',0DH
            db    ':1200',0dh
            db    ':2----------------',0dh
            db    ':1300',0dh
;-------------------------------------------------------------

;DO data table
;-------------------------------------------------------------
d_pointb:   db          ':1100',0DH
            db    ':2ออกซิเจนละลาย     ',0DH
            db    ':1200',0dh
            db    ':2----------------',0dh
            db    ':1300',0dh
            db    ':2แล้วตีน้ำ          ',0DH

t07:        db    ':2อุณหภูมิต่ำ และน้ำเป็น ',0DH
            db    ':1200',0DH
            db    ':2กรด ควรถ่ายน้ำแล้ว  ',0DH
            db    ':1300',0dh
            db    ':2เปลี่ยนใหม่        ',0DH

t08:        db    ':2น้ำเป็นกรดและออกซิ   ',0DH
            db    ':1200',0DH
            db    ':2เจนสูง ควรเติมปูน  ',0DH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                db      ':1300',0dh
                db      ':2ขาวแล้วตีน้ำ          ',0DH
t09:            db      ':2ออกซิเจนและอุณหภูมิ  ',0DH
                db      ':1200',0DH
                db      ':2สูงไป ควรถ่ายน้ำแล้ว  ',0DH
                db      ':1300',0dh
                db      ':2เปลี่ยนใหม่      ',0DH
t10:            db      ':2ออกซิเจนและอุณหภูมิ  ',0DH
                db      ':1200',0DH
                db      ':2ต่ำไป ควรตีน้ำโดยด่วน ',0DH
                db      ':1300',0dh
                db      ':2                  ',0DH
t11:            db      ':2ออกซิเจนต่ำไปควรตีน้ำ',0DH
                db      ':1200',0DH
                db      ':2ได้แล้ว           ',0DH
                db      ':1300',0dh
                db      ':2                  ',0DH
t12:            db      ':2อุณหภูมิสูง แต่ออกซิ  ',0DH
                db      ':1200',0DH
                db      ':2ต่ำเกินไป ควรตีน้ำโดย ',0DH
                db      ':1300',0dh
                db      ':2ด่วน              ',0DH
t13:            db      ':2อุณหภูมิต่ำไป ควรตีน้ำได้',0DH
                db      ':1200',0DH
                db      ':2แล้ว              ',0DH
                db      ':1300',0dh
                db      ':2                  ',0DH
t14:            db      ':2อุณหภูมิ กรด/ด่าง     ',0DH
                db      ':1200',0DH
                db      ':2และออกซิเจน เหมาะ',0DH
                db      ':1300',0dh
                db      ':2กับการเลี้ยงกุ้ง      ',0DH
t15:            db      ':2อุณหภูมิสูงไป ควรตีน้ำ',0DH
                db      ':1200',0DH
                db      ':2ได้แล้ว           ',0DH
                db      ':1300',0dh
                db      ':2                  ',0DH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
t16:    db    ':2ออกซิเจนสูง แต่อุณห-',0DH
        db    ':1200',0DH
        db    ':2ภูมิต่ำไป ควรตีน้ำโดย ',0DH
        db    ':1300',0dh
        db    ':2ด่วน                  ',0DH
t17:    db    ':2ออกซิเจนสูงไป ควรตี',0DH
        db    ':1200',0DH
        db    ':2น้ำได้แล้ว            ',0DH
        db    ':1300',0dh
        db    ':2                      ',0DH
t18:    db    ':2ออกซิเจนและอุณหภูมิ ',0DH
        db    ':1200',0DH
        db    ':2สูงไป ควรตีน้ำโดยด่วน',0DH
        db    ':1300',0dh
        db    ':2                      ',0DH
t19:    db    ':2สภาพน้ำเป็นด่าง ออกซิ',0DH
        db    ':1200',0DH
        db    ':2เจนและอุณหภูมิต่ำ ควร',0DH
        db    ':1300',0dh
        db    ':2เปลี่ยนน้ำใหม่        ',0DH
t20:    db    ':2น้ำเป็นด่างแต่ออกซิเจน',0DH
        db    ':1200',0DH
        db    ':2ต่ำ ควรเติมน้ำส้มแลตี ',0DH
        db    ':1300',0dh
        db    ':2น้ำ                   ',0DH
t21:    db    ':2ออกซิเจนต่ำ และเป็น ',0DH
        db    ':1200',0DH
        db    ':2ด่าง อุณหภูมิสูง ควร ',0DH
        db    ':1300',0dh
        db    ':2เติมน้ำส้มแล้วตีน้ำ   ',0DH
t22:    db    ':2น้ำเป็นด่าง และอุณหภูมิ',0DH
        db    ':1200',0DH
        db    ':2ต่ำไปควรตีน้ำ แล้วเติม ',0DH
        db    ':1300',0dh
        db    ':2น้ำส้ม                ',0DH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
t23:    db    ':2น้ำเป็นด่างควรละลาย ',0DH
        db    ':1200',0DH
        db    ':2น้ำส้มเติมรอบบ่อ     ',0DH
        db    ':1300',0dh
        db    ':2                    ',0DH
t24:    db    ':2น้ำเป็นด่างอุณหภูมิสูงไป',0DH
        db    ':1200',0DH
        db    ':2ควรตีน้ำแล้วเติมน้ำส้ม  ',0DH
        db    ':1300',0dh
        db    ':2                    ',0DH
t25:    db    ':2น้ำเป็นด่าง อุณหภูมิสูง ',0DH
        db    ':1200',0DH
        db    ':2ออกซิเจนต่ำ ควรถ่ายน้ำ',0DH
        db    ':1300',0dh
        db    ':2เพื่อเปลี่ยนใหม่      ',0DH
t26:    db    ':2น้ำเป็นด่าง แต่ออกซิ-',0DH
        db    ':1200',0DH
        db    ':2เจนสูงควรเติมน้ำส้ม ',0DH
        db    ':1300',0dh
        db    ':2แล้วตีน้ำ           ',0DH
t27:    db    ':2น้ำเป็นด่าง ออกซิเจน ',0DH
        db    ':1200',0DH
        db    ':2และอุณหภูมิสูงไป ควร',0DH
        db    ':1300',0dh
        db    ':2ถ่ายน้ำ เพื่อเปลี่ยนใหม่',0DH
        end
```

รูปที่ ค.1 โปรแกรมการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
คู่มือการใช้งานเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องวัดคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงกุ้ง

ในการเลี้ยงกุ้งนั้นโดยหลักแล้วน้ำที่นำมาเพาะเลี้ยงนั้นต้องเป็นน้ำที่มีคุณภาพมาก อยู่ในเกณฑ์ที่สามารถทำให้กุ้งเจริญเติบโตได้ดี ผู้เลี้ยงสามารถเลี้ยงกุ้งได้ง่าย โตไว และไม่ขาดทุน อันเนื่องมาจากสาเหตุจากกุ้งที่เจริญเติบโตไม่เต็มที่ ดังนั้นเครื่องมือนี้จะช่วยให้ผู้เลี้ยงสามารถที่จะสามารถวิเคราะห์คุณภาพน้ำได้โดยตรง สามารถนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่ควรจะเป็น แล้วปฏิบัติกับน้ำใจบ่อเลี้ยงกุ้งได้ต่อไป

เครื่องมือคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงกุ้งนี้ สามารถที่จะวัดค่าอุณหภูมิ วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ นอกจากนั้นยังมีข้อแนะนำเล็กน้อยสำหรับผู้เลี้ยงซึ่งได้จากการวิเคราะห์ของโปรแกรมมาให้พิจารณาด้วย

1. จุดเด่นของเครื่องมือคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงกุ้ง

1.1 สามารถวัดอุณหภูมิได้ 000.0-100.0 องศาเซลเซียส และ 032.0-212.0 องศาฟาเรนไฮต์

1.2 สามารถวัดค่าความเป็นกรดด่างได้ 00.00-14.00 pH

1.3 สามารถวัดค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ได้ 00.00-20.00 มิลลิกรัมต่อลิตร

1.4 มีข้อแนะนำสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล

1.5 จอแสดงผลเป็นแบบภาษาไทย อ่านง่าย ขนาด 4 x 16 ตัวอักษร

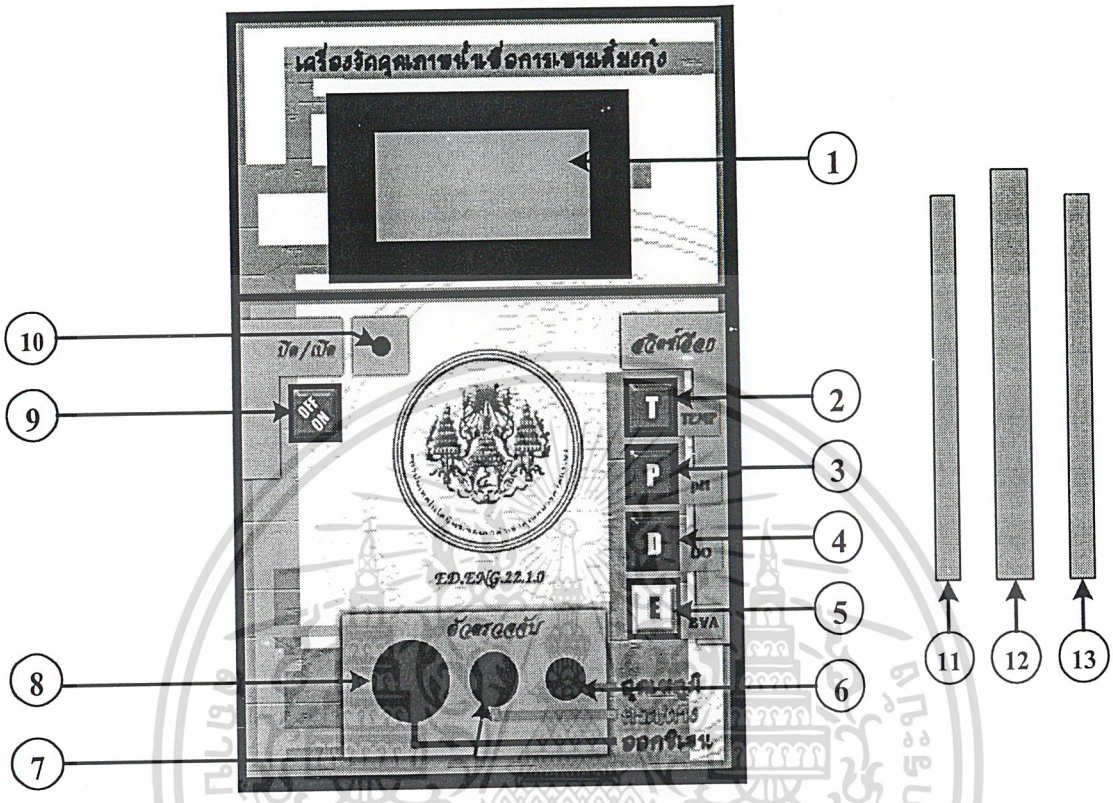
1.6 แสดงสถานะของพลังงานแบตเตอรี่

1.7 ขนาดกระทัดรัด พกพาได้สะดวกเพียง 15 x 21 x 7.6 เซนติเมตร

1.8 ใช้แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 1 ก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ส่วนประกอบของเครื่องมือคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงกุ้ง



รูปที่ ง.1 ส่วนประกอบของเครื่องวัดคุณภาพน้ำเพื่อการเลี้ยงกุ้ง

จากรูปที่ ง.1

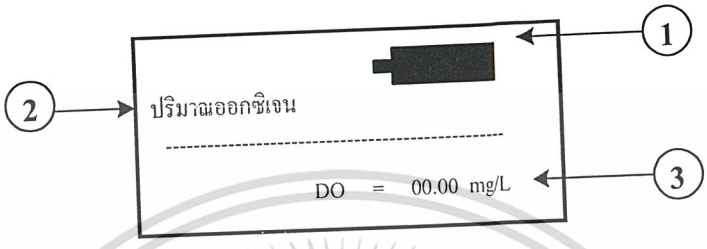
หมายเลข 1	คือ	จอแสดงผลแอลซีดี 4 x 16 ตัวอักษร ภาษไทย
หมายเลข 2	คือ	ปุ่มเลือกการวัดอุณหภูมิ
หมายเลข 3	คือ	ปุ่มเลือกการวัดความเป็นกรด-ด่าง
หมายเลข 4	คือ	ปุ่มเลือกการวัดปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ
หมายเลข 5	คือ	ปุ่มเลือกข้อเสนอแนะ
หมายเลข 6	คือ	จุดต่อตัวตรวจจับอุณหภูมิ
หมายเลข 7	คือ	จุดต่อตัวตรวจจับความเป็นกรด-ด่าง
หมายเลข 8	คือ	จุดต่อตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ
หมายเลข 9	คือ	สวิตซ์เปิด/ ปิด
หมายเลข 10	คือ	ไฟแสดงผลสถานะของเครื่อง
หมายเลข 11	คือ	ตัวตรวจจับอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเลข 12 คือ ตัวตรวจจับความเป็นกรด-ด่าง

หมายเลข 13 คือ ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ

3. การแสดงผลหน้าจอแสดงผล



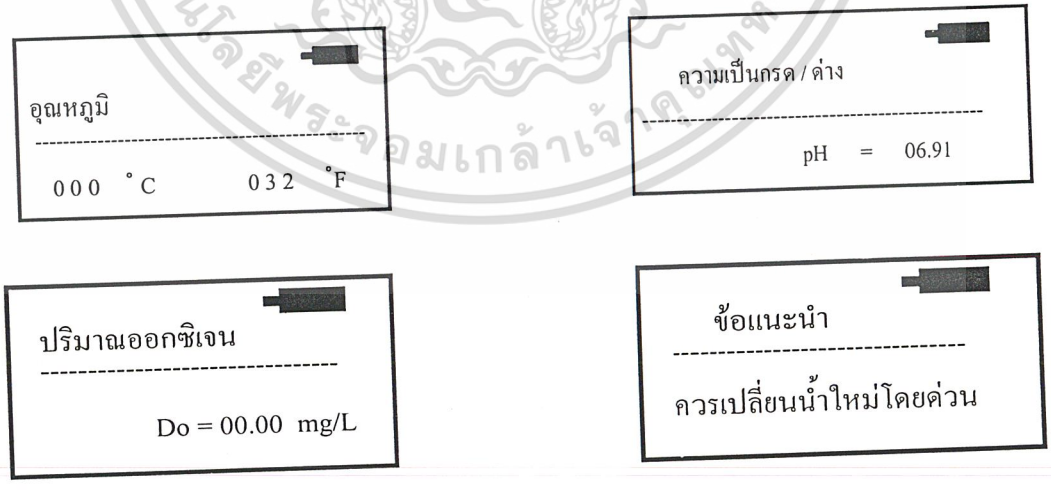
รูปที่ ง.2 หน้าจอแสดงผลแอลซีดี

จากรูปที่ ง.2 เป็นส่วนแสดงผลของเครื่องวัดคุณภาพน้ำเพื่อการเลี้ยงกุ้งซึ่งเป็นจอแอลซีดี ขนาด 4 x 16 ตัวอักษร สามารถแสดงผลได้ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ โดยเครื่องวัดคุณภาพน้ำเพื่อการเลี้ยงกุ้ง จะแสดงผลที่หน้าจอดังนี้

หมายเลข 1 คือ เป็นส่วนที่แสดงสถานะของแบตเตอรี่

หมายเลข 2 คือ เป็นส่วนที่บอกถึงหัวข้อที่เลือกวัดค่า

หมายเลข 3 คือ เป็นส่วนที่แสดงค่าการวัดหรือประเมินผลนั้น ๆ

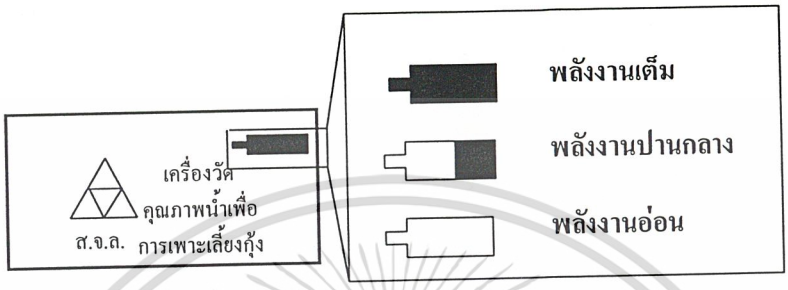


รูปที่ ง.3 หน้าจอแสดงผลแอลซีดีแบบต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. สถานะของแบตเตอรี่

สถานะของแบตเตอรี่หรือพลังงานของเครื่องสามารถที่จะแสดงได้ 3 ระดับ คือ ระดับพลังงานเต็ม ระดับพลังงานปานกลาง และระดับพลังงานต่ำโดยแต่ละระดับขึ้นอยู่กับพลังงานของเบตเตอรี่ที่ใช้งานโดยมีลักษณะดังรูปที่ ง.4



รูปที่ ง.4 หน้าจอแสดงสถานะของแบตเตอรี่

ข้อแนะนำ

เมื่อพบว่าระดับพลังอ่อนท่านต้องเปลี่ยนแบตเตอรี่เพื่อความแม่นยำของผลการวัด

5. ขั้นตอนการวัดค่าอุณหภูมิ

การวัดหาค่าอุณหภูมินั้นสามารถที่จะวัดค่าออกมาได้ 000.0-100.0 องศาเซลเซียส และ 032.0-212.0 องศาฟาเรนไฮต์ ซึ่งมีวิธีการดังนี้

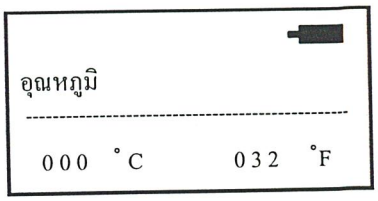
5.1 ทำการต่อตัวตรวจจับอุณหภูมิ ตัวตรวจจับความเป็นกรด-ด่าง ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ กับจุดต่อตัวตรวจจับบนตัวเครื่อง

5.2 เปิดเครื่องโดยปุ่ม เครื่องก็จะทำการแสดงหน้าต่างดังรูปที่ ง.5

รูปที่ ง.5 หน้าจอแสดงผลเมื่อกดปุ่ม OFF/ON

5.3 ทำการกดปุ่ม จนไฟแสดงสถานะของเครื่องมีการกระพริบแล้วปล่อย หน่วยประมวลผลจะประมวลผลที่ได้แล้วนำมาแสดงผลหน้าจอดังรูปที่ ง.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.6 หน้าจอแสดงผลเมื่อกดปุ่ม T

5.4 หากต้องการที่จะวัดค่าอื่น ๆ ก็ให้กดปุ่มเลือกการวัดนั้น ๆ จนกว่าไฟแสดงสถานะของเครื่องกระพริบ จากนั้นตัวประมวลผลจะประมวลผลออกมาแสดงผลหน้าจอตามปุ่มที่เลือกวัด

6. ขั้นตอนการวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง

การวัดหาค่าความเป็นกรด-ด่าง นั้นสามารถที่จะวัดค่าออกมาได้วัด 00.00-14.00 pH ซึ่งมีวิธีการดังนี้

6.1 ทำการต่อตัวตรวจจับอุณหภูมิ ตัวตรวจจับความเป็นกรด-ด่าง และตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ กับจุดต่อตัวตรวจจับบนตัวเครื่อง

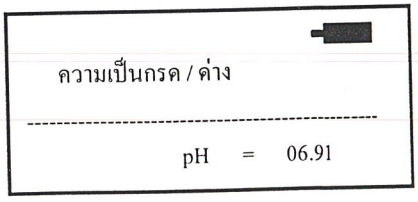
6.2 เปิดเครื่องโดยปุ่ม

เครื่องก็จะทำการแสดงหน้าต่างดังรูปที่ ง.7

รูปที่ ง.7 หน้าจอแสดงผลเมื่อกดปุ่ม OFF/ON

6.3 ทำการกดปุ่ม

จนไฟแสดงสถานะของเครื่องมีการกระพริบแล้วปล่อย หน่วยประมวลผลจะประมวลผลที่ได้แล้วนำมาแสดงผลหน้าจอดังรูปที่ ง.8



รูปที่ ง.8 หน้าจอแสดงผลเมื่อกดปุ่ม P

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.4 หากต้องการที่จะวัดค่าอื่น ๆ ก็ให้กดปุ่มเลือกการวัดนั้น ๆ จนกว่าไฟแสดงสถานะของเครื่องกระพริบ จากนั้นตัวประมวลผลจะประมวลผลออกมาแสดงผลหน้าจอตามปุ่มที่เลือกวัด

7. ขั้นตอนการวัดค่าปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ

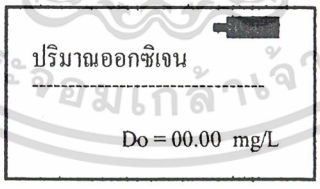
การวัดหาค่าปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ นั้นสามารถที่จะวัดค่าออกมาได้ 00.00-20.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีวิธีการดังนี้

7.1 ทำการต่อตัวตรวจจับอุณหภูมิ ตัวตรวจจับความเป็นกรด-ด่าง และตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ กับจุดต่อตัวตรวจจับบนตัวเครื่อง

7.2 เปิดเครื่องโดยปุ่ม [OFF/ON] เครื่องก็จะทำการแสดงหน้าต่างดังรูปที่ ง.9

รูปที่ ง.9 หน้าจอแสดงผลเมื่อกดปุ่มOFF/ON

7.3 ทำการกดปุ่ม [D] จนไฟแสดงสถานะของเครื่องมีการกระพริบแล้วปล่อย หน่วยประมวลผลจะประมวลผลที่ได้แล้วนำมาแสดงผลหน้าจอดังรูปที่ ง.10



รูปที่ ง.10 หน้าจอแสดงผลเมื่อกดปุ่ม D

7.4 หากต้องการที่จะวัดค่าอื่น ๆ ก็ให้กดปุ่มเลือกการวัดนั้น ๆ จนกว่าไฟแสดงสถานะของเครื่องกระพริบ จากนั้นตัวประมวลผลจะประมวลผลออกมาแสดงผลหน้าจอตามปุ่มที่เลือกวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ขั้นตอนการดูข้อเสนอแนะ

สำหรับการขอดูข้อเสนอแนะนั้นสามารถที่จะทำได้โดยต้องทำการวัดค่าอุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ มาเรียบร้อยแล้วหลังจากนั้นก็มีวิธีการดังนี้

8.1 เปิดเครื่องโดยปุ่ม เครื่องก็จะทำการแสดงหน้าต่างดังรูปที่ ง.11

รูปที่ ง.11 หน้าจอแสดงผลเมื่อกดปุ่ม OFF/ON

8.2 ทำการวัดค่าอุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ให้เรียบร้อย

8.3 ทำการกดปุ่ม จนไฟแสดงสถานะของเครื่องมีการกระพริบแล้วปล่อย หน่วยประมวลผลจะประมวลผลที่ได้แล้วนำมาแสดงผลหน้าจอดังรูปที่ ง.12

รูปที่ ง.12 หน้าจอแสดงผลเมื่อกดปุ่ม E

8.4 หากต้องการที่จะวัดค่าอื่น ๆ ก็ให้กดปุ่มเลือกการวัดนั้น ๆ จนกว่าไฟแสดงสถานะของเครื่องกระพริบ จากนั้นตัวประมวลผลจะประมวลผลออกมาแสดงผลหน้าจอตามปุ่มที่เลือกวัด

ข้อควรจำ ก่อนที่จะดูข้อเสนอแนะต้องทำการวัดค่าอุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ให้เรียบร้อยก่อนเสมอ มิฉะนั้นแล้วค่าที่ได้จะผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

รายการอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. วงจรสวิตช์เลือกฟังก์ชั่นการใช้งาน

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

ไอซี CD4051B	1 ตัว

2. วงจรขยายสัญญาณการวัด

ตัวต้านทาน

30 kΩ	1 ตัว
390 kΩ	1 ตัว
680 kΩ	2 ตัว
10 kΩ	6 ตัว
10 kΩ ปรับค่า	3 ตัว
25 kΩ ปรับค่า	1 ตัว
50 kΩ ปรับค่า	1 ตัว

ตัวเก็บประจุ

0.1 uF	1 ตัว
0.05 uF	1 ตัว

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

ไอซีTL081	1 ตัว
ไอซี TL084	1 ตัว

3. วงจรตรวจจับระดับแรงดัน และประจุแบตเตอรี่

ตัวต้านทาน

10 kΩ	10 ตัว
4.7 kΩ	3 ตัว
100 kΩ	1 ตัว
10 kΩ	2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

ไอซี LM314	1 ตัว
ไอซี PC817	3 ตัว

4. วงจรการแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล

ตัวต้านทาน

10 kΩ	3 ตัว
100Ω	1 ตัว
1.2 kΩ	1 ตัว
220Ω	8 ตัว

ตัวเก็บประจุ

150 pF	1 ตัว
0.1 uF	2 ตัว
10 uF	1 ตัว

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

RED	1 ตัว

5. วงจรภาคจ่ายไฟ

ตัวเก็บประจุ

1000 uF	3 ตัว
0.1 uF	3 ตัว
100 uF	1 ตัว
4 uF	1 ตัว

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

ไอซี 7405	2 ตัว
ไอซี7809	1 ตัว
ไอซี7909	1 ตัว
ไอซีL7660	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. วงจรควบคุมการทำงาน

ตัวต้านทาน

10 kΩ	23 ตัว
8.2 kΩ	1 ตัว
4.7 kΩ	1 ตัว

ตัวเก็บประจุ

10 uF	1 ตัว
30 pF	2 ตัว

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

ไอซี DS1820	1 ตัว
ไอซี ATC0804	1 ตัว
LED	1 ตัว

อื่นๆ

จอแสดงผล	1 ตัว
X'TAL 11.0392 MHz	1 ตัว
SW	4 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TL084
TL084A - TL084B

GENERAL PURPOSE J-FET QUAD OPERATIONAL AMPLIFIERS

- WIDE COMMON-MODE (UP TO V_{CC}^+) AND DIFFERENTIAL VOLTAGE RANGE
- LOW INPUT BIAS AND OFFSET CURRENT
- OUTPUT SHORT-CIRCUIT PROTECTION
- HIGH INPUT IMPEDANCE J–FET INPUT STAGE
- INTERNAL FREQUENCY COMPENSATION
- LATCH UP FREE OPERATION
- HIGH SLEW RATE : 16V/µs (typ)

N
DIP14
(Plastic Package)

D
SO14
(Plastic Micropackage)

P
TSSOP14
(Thin Shrink Small Outline Package)

ORDER CODE

Part Number	Temperature Range	Package		
		N	D	P
TL084M/AM/BM	-55°C, +125°C	•	•	•
TL084I/AI/BI	-40°C, +105°C	•	•	•
TL084C/AC/BC	0°C, +70°C	•	•	•
Example : TL084CN, TL084CD				

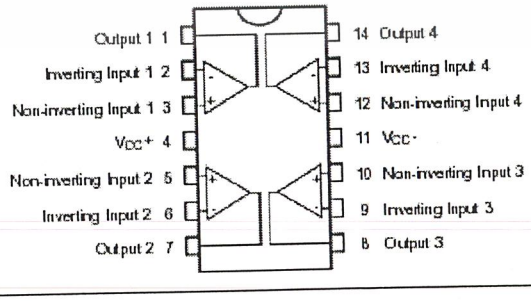
N = Dual In Line Package (DIP)
D = Small Outline Package (SO) - also available in Tape & Reel (DT)
P = Thin Shrink Small Outline Package (TSSOP) - only available in Tape & Reel (PT)

DESCRIPTION

The TL084, TL084A and TL084B are high speed J–FET input quad operational amplifiers incorporating well matched, high voltage J–FET and bipolar transistors in a monolithic integrated circuit.

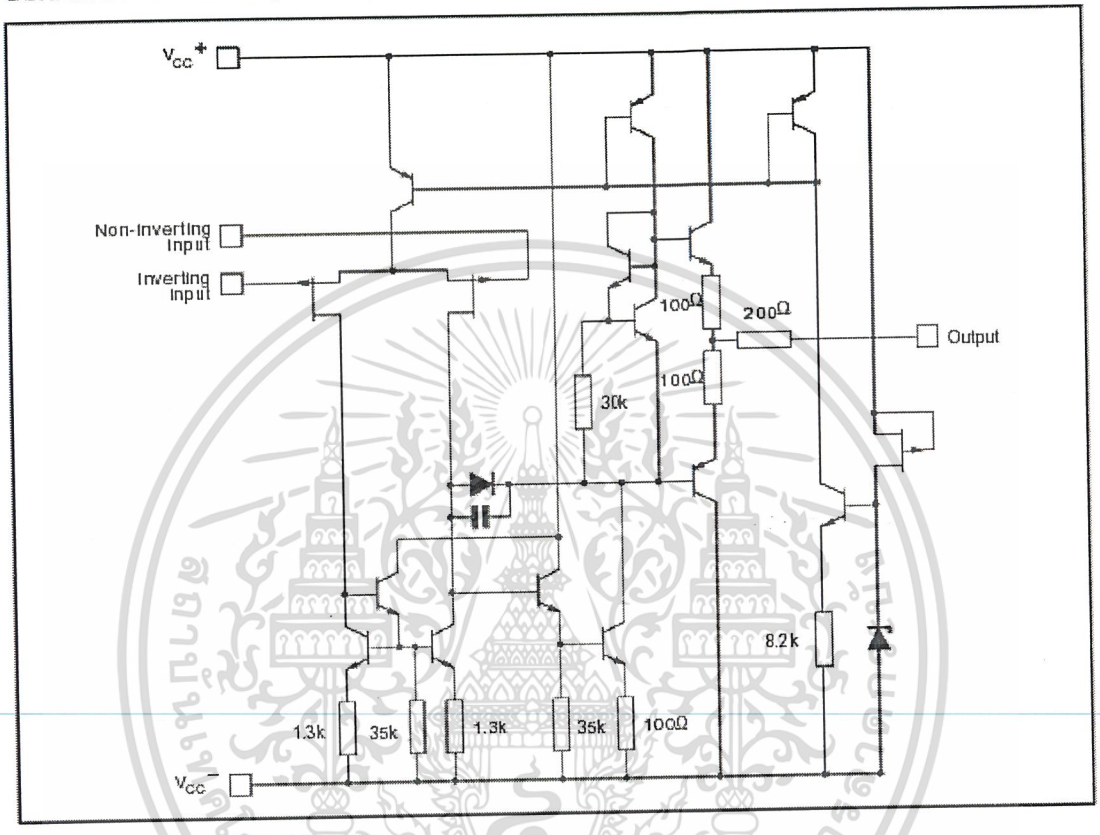
The devices feature high slew rates, low input bias and offset currents, and low offset voltage temperature coefficient.

PIN CONNECTIONS (top view)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCHEMATIC DIAGRAM (each amplifier)



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	TL084M, AM, BM	TL084I, AI, BI	TL084C, AC, BC	Unit
V_{CC}	Supply voltage - note [1]	±18			V
V_i	Input Voltage - note [2]	±15			V
V_{id}	Differential Input Voltage - note [3]	±30			V
P_{tot}	Power Dissipation	680			mW
	Output Short-circuit Duration - note [4]	Infinite			
T_{oper}	Operating Free-air Temperature Range	-55 to +125	-40 to +105	0 to +70	°C
T_{stg}	Storage Temperature Range	-65 to +150			°C

1. All voltage values, except differential voltage, are with respect to the zero reference level (ground) of the supply voltages where the zero reference level is the midpoint between V_{CC}^+ and V_{CC}^-.
2. The magnitude of the input voltage must never exceed the magnitude of the supply voltage or 15 volts, whichever is less.
3. Differential voltages are the non-inverting input terminal with respect to the inverting input terminal.
4. The output may be shorted to ground or to either supply. Temperature and/or supply voltages must be limited to ensure that the dissipation rating is not exceeded

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

V_{CC} = ±15V, T_{amb} = +25°C (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter		TL084I,M,AC,AI,AM, BC,BI,BM			TL084C			Unit
			Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
V_{io}	Input Offset Voltage (R_s = 50Ω) T_{amb} = +25°C	TL084 TL084A TL084B		3 3 1	10 6 3		3	10 13	mV
	$T_{min} \le T_{amb} \le T_{max}$	TL084 TL084A TL084B			13 7 5				
DV_{io}	Input Offset Voltage Drift			10			10		µV/°C
I_{io}	Input Offset Current - note 1) T_{amb} = +25°C $T_{min} \le T_{amb} \le T_{max}$			5	100 4		5	100 4	pA nA
I_{ib}	Input Bias Current -note 1 T_{amb} = +25°C $T_{min} \le T_{amb} \le T_{max}$			20	200 20		20	400 20	pA nA
A_{vd}	Large Signal Voltage Gain (R_L = 2kΩ, V_o = ±10V) T_{amb} = +25°C $T_{min} \le T_{amb} \le T_{max}$		50 25	200		25 15	200		V/mV
SVR	Supply Voltage Rejection Ratio (R_S = 50Ω) T_{amb} = +25°C $T_{min} \le T_{amb} \le T_{max}$		80 80	86		70 70	86		dB
I_{CC}	Supply Current, no load, per amplifier T_{amb} = +25°C $T_{min} \le T_{amb} \le T_{max}$			1.4	2.5 2.5		1.4	2.5 2.5	mA
V_{icm}	Input Common Mode Voltage Range		±11	+15 -12		±11	+15 -12		V
CMR	Common Mode Rejection Ratio (R_S = 50Ω) T_{amb} = +25°C $T_{min} \le T_{amb} \le T_{max}$		80 80	86		70 70	86		dB
I_{os}	Output Short-circuit Current T_{amb} = +25°C $T_{min} \le T_{amb} \le T_{max}$		10 10	40	60 60	10 10	40	60 60	mA
$\pm V_{opp}$	Output Voltage Swing T_{amb} = +25°C	RL = 2kΩ RL = 10kΩ	10 12	12 13.5		10 12	12 13.5		V
	$T_{min} \le T_{amb} \le T_{max}$	RL = 2kΩ RL = 10kΩ	10 12			10 12			
SR	Slew Rate (T_{amb} = +25°C) V_{in} = 10V, R_L = 2kΩ, C_L = 100pF, unity gain		8	16		8	16		V/µs
t_r	Rise Time (T_{amb} = +25°C) V_{in} = 20mV, R_L = 2kΩ, C_L = 100pF, unity gain			0.1			0.1		µs
K_{ov}	Overshoot (T_{amb} = +25°C) V_{in} = 20mV, R_L = 2kΩ, C_L = 100pF, unity gain			10			10		%
GBP	Gain Bandwidth Product (T_{amb} = +25°C) V_{in} = 10mV, R_L = 2kΩ, C_L = 100pF, f= 100kHz		2.5	4		2.5	4		MHz
R_i	Input Resistance			10^{12}			10^{12}		Ω

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TL084 - TL084A - TL084B

Symbol	Parameter	TL084I,M,AC,AI,AM, BC,BI,BM			TL084C			Unit
		Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
THD	Total Harmonic Distortion (T_{amb} = +25°C), f= 1kHz, R_L = 2kΩ,C_L = 100pF, A_v = 20dB, V_o = $2V_{pp}$		0.01			0.01		%
e_n	Equivalent Input Noise Voltage R_S = 100Ω, f = 1KHz		15			15		$\frac{nV}{\sqrt{Hz}}$
Øm	Phase Margin		45			45		degrees
V_{o1}/V_{o2}	Channel Separation A_v = 100		120			120		dB

1. The input bias currents are junction leakage currents which approximately double for every 10°C increase in the junction temperature.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

- Compatible with MCS-51™ Products
- 12K Bytes of In-System Reprogrammable Downloadable Flash Memory
  - SPI Serial Interface for Program Downloading
  - Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- 4V to 6V Operating Range
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Three-level Program Memory Lock
- 256 x 8-bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Three 16-bit Timer/Counters
- Nine Interrupt Sources
- Programmable UART Serial Channel
- SPI Serial Interface
- Low-power Idle and Power-down Modes
- Interrupt Recovery From Power-down
- Programmable Watchdog Timer
- Dual Data Pointer
- Power-off Flag

Description

The AT89S53 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 12K bytes of downloadable Flash programmable and erasable read only memory. The device is manufactured using Atmel's high-density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry-standard 80C51 instruction set and pinout. The on-chip downloadable Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system through an SPI serial interface or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with downloadable Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89S53 is a powerful microcomputer which provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

The AT89S53 provides the following standard features: 12K bytes of downloadable Flash, 256 bytes of RAM, 32 I/O lines, programmable watchdog timer, two Data Pointers, three 16-bit timer/counters, a six-vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator, and clock circuitry. In addition, the AT89S53 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the RAM contents but freezes the oscillator, disabling all other chip functions until the next interrupt or hardware reset.

The downloadable Flash can change a single byte at a time and is accessible through the SPI serial interface. Holding RESET active forces the SPI bus into a serial programming interface and allows the program memory to be written to or read from unless Lock Bit 2 has been activated.

ATMEL

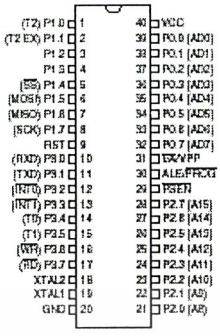
8-bit Microcontroller with 12K Bytes Flash

AT89S53

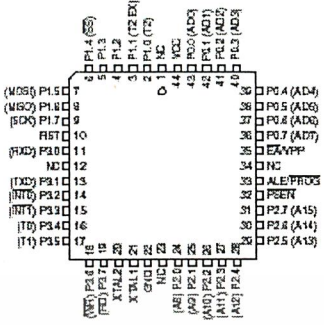
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Configurations

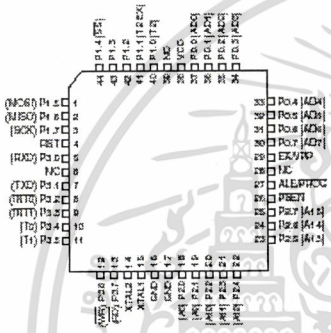
PDIP



PLCC



TQFP



Pin Description

VCC

Supply voltage.

GND

Ground.

Port 0

Port 0 is an 8-bit open drain bidirectional I/O port. As an output port, each pin can sink eight TTL inputs. When 1s are written to port 0 pins, the pins can be used as high-impedance inputs.

Port 0 can also be configured to be the multiplexed low-order address/data bus during accesses to external program and data memory. In this mode, P0 has internal pullups.

Port 0 also receives the code bytes during Flash programming and outputs the code bytes during program verification. External pullups are required during program verification.

Port 1

Port 1 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 1 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 1 pins, they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 1 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Some Port 1 pins provide additional functions. P1.0 and P1.1 can be configured to be the timer/counter 2 external count input (P1.0/T2) and the timer/counter 2 trigger input (P1.1/T2EX), respectively.

Pin Description

Furthermore, P1.4, P1.5, P1.6, and P1.7 can be configured as the SPI slave port select, data input/output and shift clock input/output pins as shown in the following table.

Port Pin	Alternate Functions
P1.0	T2 (exiernal count input to Timer/Counter 2), clock-out
P1.1	T2EX (Timer/Counter 2 capture/reload trigger and direction control)
P1.4	$\overline{SS}$ (Slave port select input)
P1.5	MOSI (Master data output, slave data input pin for SPI channel)
P1.6	MISO (Master data input, slave data output pin for SPI channel)
P1.7	SCK (Master clock output, slave clock input pin for SPI channel)

Port 1 also receives the low-order address bytes during Flash programming and verification.

Port 2

Port 2 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 2 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 2 pins, they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 2 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

Port 2 emits the high-order address byte during fetches from external program memory and during accesses to external data memory that use 16-bit addresses (MOVX @ DPTR). In this application, Port 2 uses strong internal pullups when emitting 1s. During accesses to external data memory that use 8-bit addresses (MOVX @ RI), Port 2 emits the contents of the P2 Special Function Register.

Port 2 also receives the high-order address bits and some control signals during Flash programming and verification.

Port 3

Port 3 is an 8 bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 3 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 3 pins, they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 3 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the pullups.

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89S53, as shown in the following table.

Port 3 also receives some control signals for Flash programming and verification.

Port Pin	Alternate Functions
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	$\overline{INT0}$ (external interrupt 0)
P3.3	$\overline{INT1}$ (external interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 external input)
P3.5	T1 (timer 1 external input)
P3.6	$\overline{WR}$ (external data memory write strobe)
P3.7	$\overline{RD}$ (external data memory read strobe)

RST

Reset input. A high on this pin for two machine cycles while the oscillator is running resets the device.

ALE/$\overline{PROG}$

Address Latch Enable is an output pulse for latching the low byte of the address during accesses to external memory. This pin is also the program pulse input ($\overline{PROG}$) during Flash programming.

In normal operation, ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency and may be used for external timing or clocking purposes. Note, however, that one ALE pulse is skipped during each access to external data memory.

If desired, ALE operation can be disabled by setting bit 0 of SFR location 8EH. With the bit set, ALE is active only during a MOVX or MOVC instruction. Otherwise, the pin is weakly pulled high. Setting the ALE-disable bit has no effect if the microcontroller is in external execution mode.

$\overline{PSEN}$

Program Store Enable is the read strobe to external program memory.

When the AT89S53 is executing code from external program memory, $\overline{PSEN}$ is activated twice each machine cycle, except that two $\overline{PSEN}$ activations are skipped during each access to external data memory.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\overline{EA}$/VPP

External Access Enable. $\overline{EA}$ must be strapped to GND in order to enable the device to fetch code from external program memory locations starting at 0000H up to FFFFH. Note, however, that if lock bit 1 is programmed, $\overline{EA}$ will be internally latched on reset.

$\overline{EA}$ should be strapped to V_{CC} for internal program executions. This pin also receives the 12-volt programming enable voltage (V_{PP}) during Flash programming when 12 volt programming is selected.

XTAL1

Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

XTAL2

Output from the inverting oscillator amplifier.

Table 1. AT89S53 SFR Map and Reset Values

0F8H									0FFH
0F0H	B 00000000								0F7H
0E8H									0EFH
0E0H	ACC 00000000								0E7H
0D8H									0DFH
0D0H	PSW 00000000					SPCR 000001XX			0D7H
0C8H	T2CON 00000000	T2MOD XXXXXX00	RCAP2L 00000000	RCAP2H 00000000	TL2 00000000	TH2 00000000			0CFH
0C0H									0C7H
0B8H	IP XX000000								0BFH
0B0H	P3 11111111								0B7H
0A8H	IE 0X000000		SPSR 00XXXXXX						0AFH
0A0H	P2 11111111								0A7H
98H	SCON 00000000	SBUF XXXXXXXX							9FH
90H	P1 11111111						WCON 00000010		97H
88H	TCON 00000000	TMOD 00000000	TL0 00000000	TL1 00000000	TH0 00000000	TH1 00000000			8FH
80H	P0 11111111	SP 00000111	DP0L 00000000	DP0H 00000000	DP1L 00000000	DP1H 00000000	SPDR XXXXXXXX	PCON 0XXX0000	87H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor

December 1995

TL081 Wide Bandwidth JFET Input Operational Amplifier

General Description

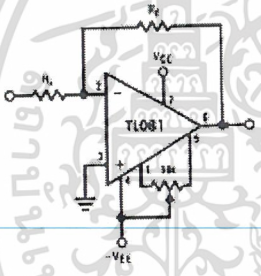
The TL081 is a low cost high speed JFET input operational amplifier with an internally trimmed input offset voltage (BI-FET II™ technology). The device requires a low supply current and yet maintains a large gain bandwidth product and a fast slew rate. In addition, well matched high voltage JFET input devices provide very low input bias and offset currents. The TL081 is pin compatible with the standard LM741 and uses the same offset voltage adjustment circuitry. This feature allows designers to immediately upgrade the overall performance of existing LM741 designs.

The TL081 may be used in applications such as high speed integrators, fast D/A converters, sample-and-hold circuits and many other circuits requiring low input offset voltage, low input bias current, high input impedance, high slew rate and wide bandwidth. The devices has low noise and offset voltage drift, but for applications where these requirements are critical, the LF356 is recommended. If maximum supply current is important, however, the TL081C is the better choice.

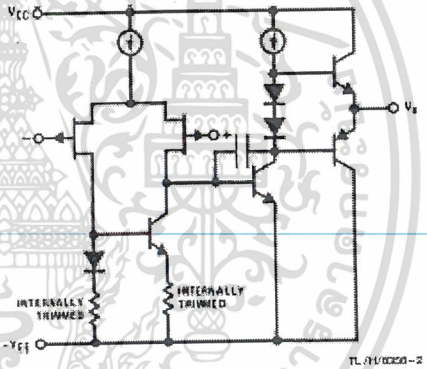
Features

■ Internally trimmed offset voltage	15 mV
■ Low input bias current	50 pA
■ Low input noise voltage	25 nV/√Hz
■ Low input noise current	0.01 pA/√Hz
■ Wide gain bandwidth	4 MHz
■ High slew rate	13 V/μs
■ Low supply current	1.8 mA
■ High input impedance	$10^{12}\Omega$
■ Low total harmonic distortion A_V = 10, R_L = 10k, V_O = 20 Vp-p, BW = 20 Hz–20 kHz	<0.02%
■ Low 1/f noise corner	50 Hz
■ Fast settling time to 0.01%	2 μs

Typical Connection

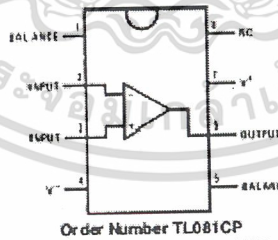


Simplified Schematic



Connection Diagram

Dual-In-Line Package



Order Number TL081CP
See NS Package Number N08E

BI-FET II™ is a trademark of National Semiconductor Corp.

©1995 National Semiconductor Corporation TL/H/0050

RRD-B30M75/Printed in U.S.A.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage	±18V
Power Dissipation (Notes 1 and 6)	670 mW
Operating Temperature Range	0°C to +70°C
$T_{j(MAX)}$	115°C
Differential Input Voltage	±30V
Input Voltage Range (Note 2)	±15V
Output Short Circuit Duration	Continuous
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C
Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)	260°C
θ_{jA}	120°C/W
ESD rating to be determined.	

DC Electrical Characteristics (Note 3)

Symbol	Parameter	Conditions	TL081C			Units
			Min	Typ	Max	
V_{OS}	Input Offset Voltage	$R_S = 10\,k\Omega$, $T_A = 25°C$ Over Temperature		5	15 20	mV mV
$\Delta V_{OS}/\Delta T$	Average TC of Input Offset Voltage	$R_S = 10\,k\Omega$		10		µV/°C
I_{OS}	Input Offset Current	$T_j = 25°C$, (Notes 3, 4) $T_j \leq 70°C$		25	100 4	pA nA
I_B	Input Bias Current	$T_j = 25°C$, (Notes 3, 4) $T_j \leq 70°C$		50	200 8	pA nA
R_{IN}	Input Resistance	$T_j = 25°C$		10^{12}		Ω
A_{VOL}	Large Signal Voltage Gain	$V_S = \pm15V$, $T_A = 25°C$ $V_O = \pm10V$, $R_L = 2\,k\Omega$ Over Temperature	25 15	100		V/mV V/mV
V_O	Output Voltage Swing	$V_S = \pm15V$, $R_L = 10\,k\Omega$	±12	±13.5		V
V_{CM}	Input Common-Mode Voltage Range	$V_S = \pm15V$	±11	+15 −12		V V
CMRR	Common-Mode Rejection Ratio	$R_S \leq 10\,k\Omega$	70	100		dB
PSRR	Supply Voltage Rejection Ratio	(Note 5)	70	100		dB
I_S	Supply Current			1.8	2.8	mA

AC Electrical Characteristics (Note 3)

Symbol	Parameter	Conditions	TL081C			Units
			Min	Typ	Max	
SR	Slew Rate	$V_S = \pm15V$, $T_A = 25°C$		13		V/µs
GBW	Gain Bandwidth Product	$V_S = \pm15V$, $T_A = 25°C$		4		MHz
e_n	Equivalent Input Noise Voltage	$T_A = 25°C$, $R_S = 100\Omega$, f = 1000 Hz		25		$nV/\sqrt{Hz}$
i_n	Equivalent Input Noise Current	$T_j = 25°C$, f = 1000 Hz		0.01		$pA/\sqrt{Hz}$

Note 1: For operating at elevated temperature, the device must be derated based on a thermal resistance of 120°C/W junction to ambient for N package.

Note 2: Unless otherwise specified the absolute maximum negative input voltage is equal to the negative power supply voltage.

Note 3: These specifications apply for $V_S = \pm15V$ and $0°C \leq T_A \leq +70°C$. V_{OS}, I_B and I_{OS} are measured at $V_{CM} = 0$.

Note 4: The input bias currents are junction leakage currents which approximately double for every 10°C increase in the junction temperature, T_j. Due to the limited production test time, the input bias currents measured are correlated to junction temperature. In normal operation the junction temperature rises above the ambient temperature as a result of internal power dissipation, P_D. $T_j = T_A + \theta_{jA} P_D$ where θ_{jA} is the thermal resistance from junction to ambient. Use of a heat sink is recommended if input bias current is to be kept to a minimum.

Note 5: Supply voltage rejection ratio is measured for both supply magnitudes increasing or decreasing simultaneously in accordance with common practice from $V_S = \pm5V$ to $\pm15V$.

Note 6: Max. Power Dissipation is defined by the package characteristics. Operating the part near the Max. Power Dissipation may cause the part to operate outside guaranteed limits.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application Hints (Continued)

common-mode range again puts the input stage and thus the amplifier in a normal operating mode.

Exceeding the positive common-mode limit on a single input will not change the phase of the output; however, if both inputs exceed the limit, the output of the amplifier will be forced to a high state.

The amplifier will operate with a common-mode input voltage equal to the positive supply; however, the gain bandwidth and slew rate may be decreased in this condition. When the negative common-mode voltage swings to within 3V of the negative supply, an increase in input offset voltage may occur.

The TL081 is biased by a zener reference which allows normal circuit operation on ±4V power supplies. Supply voltages less than these may result in lower gain bandwidth and slew rate.

The TL081 will drive a 2 kΩ load resistance to ±10V over the full temperature range of 0°C to +70°C. If the amplifier is forced to drive heavier load currents, however, an increase in input offset voltage may occur on the negative voltage swing and finally reach an active current limit on both positive and negative swings.

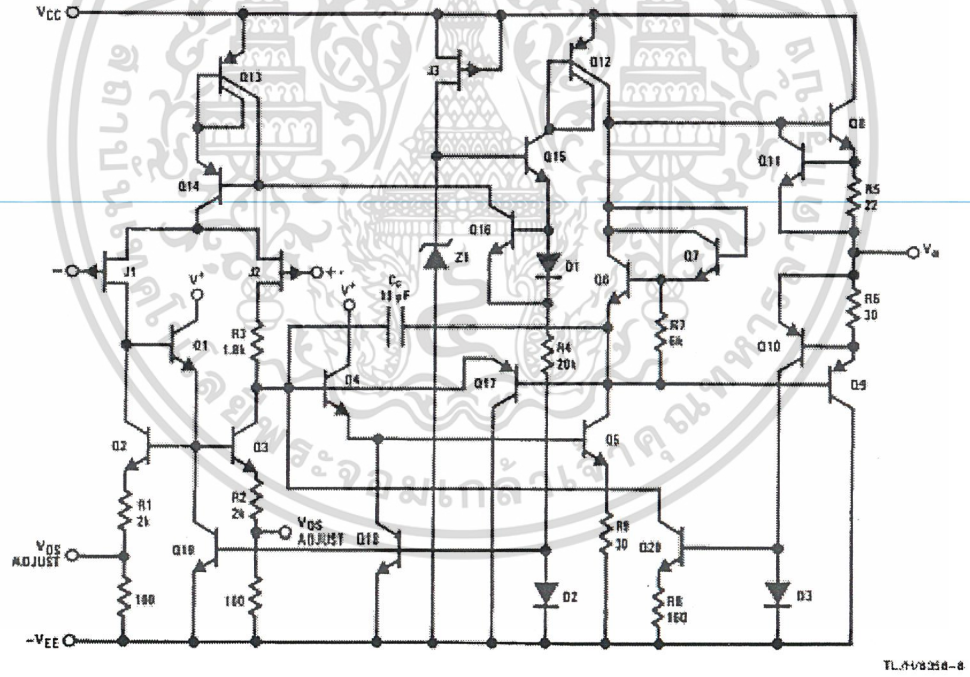
Precautions should be taken to ensure that the power supply for the integrated circuit never becomes reversed in polarity or that the unit is not inadvertently installed backwards in a socket as an unlimited current surge through the resulting forward diode within the IC could cause fusing of the internal conductors and result in a destroyed unit.

Because these amplifiers are JFET rather than MOSFET input op amps they do not require special handling.

As with most amplifiers, care should be taken with lead dress, component placement and supply decoupling in order to ensure stability. For example, resistors from the output to an input should be placed with the body close to the input to minimize "pick-up" and maximize the frequency of the feedback pole by minimizing the capacitance from the input to ground.

A feedback pole is created when the feedback around any amplifier is resistive. The parallel resistance and capacitance from the input of the device (usually the inverting input) to AC ground set the frequency of the pole. In many instances the frequency of this pole is much greater than the expected 3 dB frequency of the closed loop gain and consequently there is negligible effect on stability margin. However, if the feedback pole is less than approximately 6 times the expected 3 dB frequency a lead capacitor should be placed from the output to the input of the op amp. The value of the added capacitor should be such that the RC time constant of this capacitor and the resistance it parallels is greater than or equal to the original feedback pole time constant.

Detailed Schematic



TL/H/8258-8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor

November 1999

ADC0801/ADC0802/ADC0803/ADC0804/ADC0805
8-Bit µP Compatible A/D Converters

General Description

The ADC0801, ADC0802, ADC0803, ADC0804 and ADC0805 are CMOS 8-bit successive approximation A/D converters that use a differential potentiometric ladder—similar to the 256R products. These converters are designed to allow operation with the NSC800 and INS8080A derivative control bus with TRI-STATE output latches directly driving the data bus. These A/Ds appear like memory locations or I/O ports to the microprocessor and no interfacing logic is needed.

Differential analog voltage inputs allow increasing the common-mode rejection and offsetting the analog zero input voltage value. In addition, the voltage reference input can be adjusted to allow encoding any smaller analog voltage span to the full 8 bits of resolution.

Features

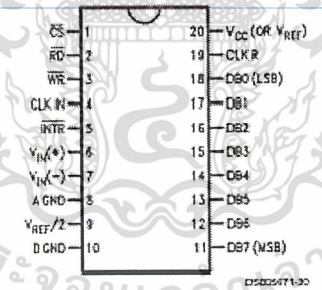
- Compatible with 8080 µP derivatives—no interfacing logic needed - access time - 135 ns
- Easy interface to all microprocessors, or operates "stand alone"
- Differential analog voltage inputs
- Logic inputs and outputs meet both MOS and TTL voltage level specifications
- Works with 2.5V (LM336) voltage reference
- On-chip clock generator
- 0V to 5V analog input voltage range with single 5V supply
- No zero adjust required
- 0.3" standard width 20-pin DIP package
- 20-pin molded chip carrier or small outline package
- Operates ratiometrically or with 5 V_{DC}, 2.5 V_{DC}, or analog span adjusted voltage reference

Key Specifications

- Resolution — 8 bits
- Total error — ±¼ LSB, ±½ LSB and ±1 LSB
- Conversion time — 100 µs

Connection Diagram

ADC080X
Dual-In-Line and Small Outline (SO) Packages



See Ordering Information

Ordering Information

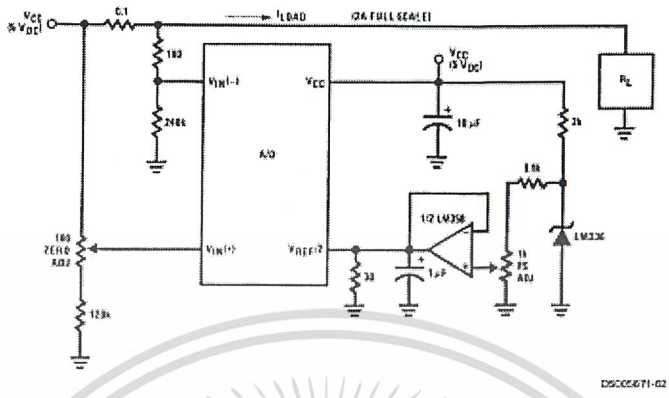
TEMP RANGE		0°C TO 70°C	0°C TO 70°C	−40°C TO +85°C
ERROR	±¼ Bit Adjusted			ADC0801LCN
	±½ Bit Unadjusted	ADC0802LCWM		ADC0802LCN
	±½ Bit Adjusted			ADC0803LCN
	±1 Bit Unadjusted	ADC0804LCWM	ADC0804LCN	ADC0805LCN/ADC0804LCJ
PACKAGE OUTLINE		M20B—Small Outline	N20A—Molded DIP	

Z-80® is a registered trademark of Zilog Corp.

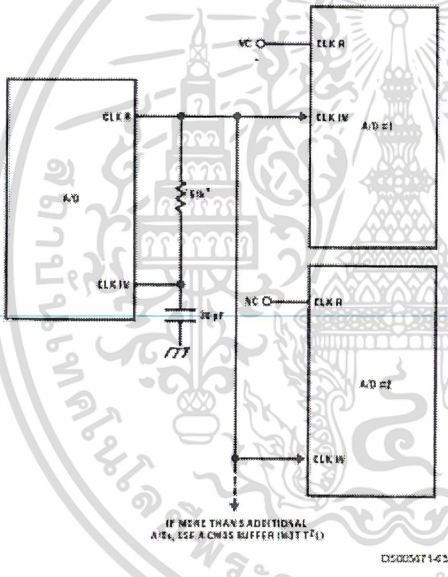
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (Continued)

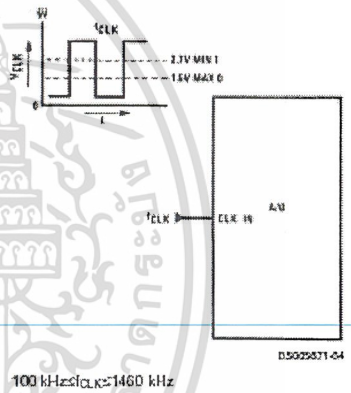
Digitizing a Current Flow



Self-Clocking Multiple A/Ds



External Clocking



100 kHz≤f_{CLK}≤1460 kHz

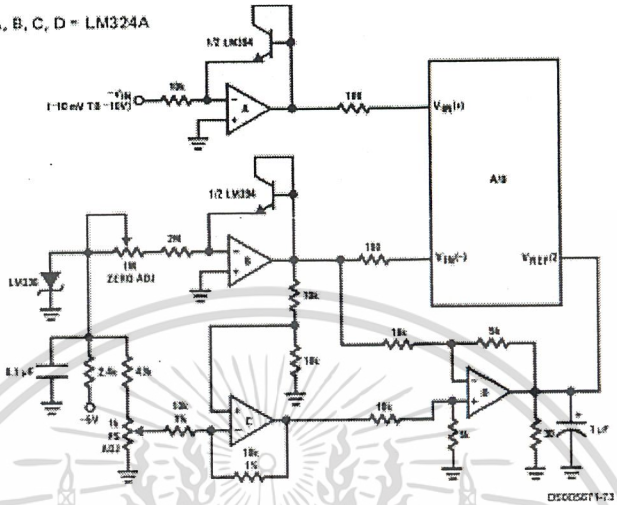
* Use a large R value to reduce loading at CLK R output.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

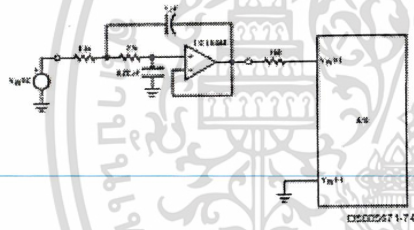
Typical Applications (Continued)

3-Decade Logarithmic A/D Converter

A, B, C, D = LM324A

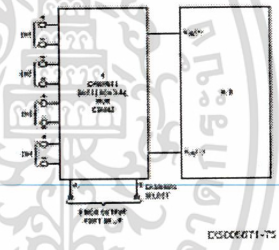


Noise Filtering the Analog Input

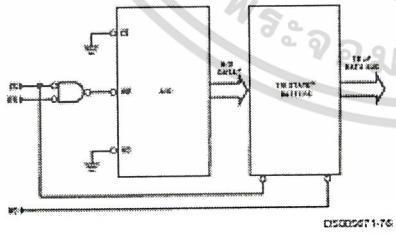


f_C=20 Hz
Uses Chebyshev implementation for steeper roll-off unity-gain, 2nd order, low-pass filter
Adding a separate filter for each channel increases system response time if an analog multiplexer is used

Multiplexing Differential Inputs

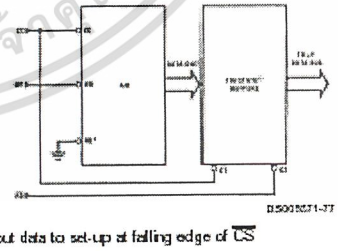


Output Buffers with A/D Data Enabled



*A/D output data is updated 1 CLK period prior to assertion of $\overline{INTR}$

Increasing Bus Drive and/or Reducing Time on Bus



*Allows output data to set-up at falling edge of $\overline{CS}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description (Continued)

±½ LSB from the ideal center-values. Each tread (the range of analog input voltage that provides the same digital output code) is therefore 1 LSB wide.

Figure 2 shows a worst case error plot for the ADC0801. All center-valued inputs are guaranteed to produce the correct output codes and the adjacent risers are guaranteed to be no closer to the center-value points than ±¼ LSB. In other words, if we apply an analog input equal to the center-value ±¼ LSB, *we guarantee* that the A/D will produce the correct digital code. The maximum range of the position of the code transition is indicated by the horizontal arrow and it is guaranteed to be no more than ½ LSB.

The error curve of *Figure 3* shows a worst case error plot for the ADC0802. Here we guarantee that if we apply an analog input equal to the LSB analog voltage center-value the A/D will produce the correct digital code.

Next to each transfer function is shown the corresponding error plot. Many people may be more familiar with error plots than transfer functions. The analog input voltage to the A/D is provided by either a linear ramp or by the discrete output steps of a high resolution DAC. Notice that the error is continuously displayed and includes the quantization uncertainty of the A/D. For example the error at point 1 of *Figure 1* is +½ LSB because the digital code appeared ½ LSB in advance of the center-value of the tread. The error plots always have a constant negative slope and the abrupt upside steps are always 1 LSB in magnitude.

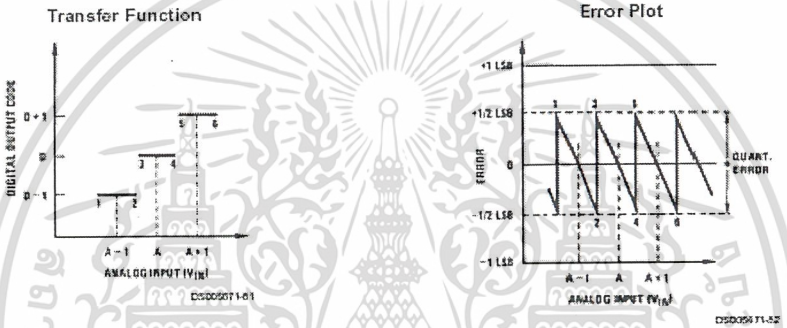


FIGURE 1. Clarifying the Error Specs of an A/D Converter
Accuracy=±0 LSB: A Perfect A/D

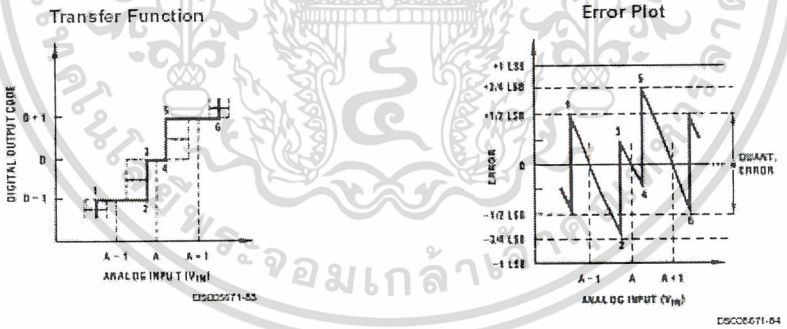


FIGURE 2. Clarifying the Error Specs of an A/D Converter
Accuracy=±¼ LSB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description (Continued)

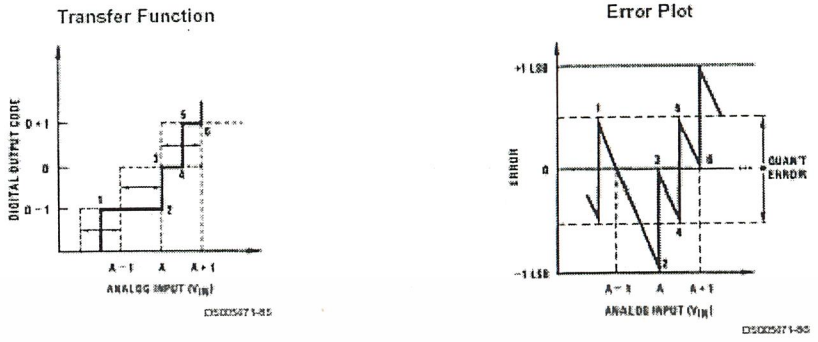


FIGURE 3. Clarifying the Error Specs of an A/D Converter
Accuracy=±½ LSB

2.0 FUNCTIONAL DESCRIPTION

The ADC0801 series contains a circuit equivalent of the 256R network. Analog switches are sequenced by successive approximation logic to match the analog difference input voltage $[V_{IN}(+) - V_{IN}(-)]$ to a corresponding tap on the R network. The most significant bit is tested first and after 8 comparisons (64 clock cycles) a digital 8-bit binary code (1111 1111 = full-scale) is transferred to an output latch and then an interrupt is asserted ($\overline{INTR}$ makes a high-to-low transition). A conversion in process can be interrupted by issuing a second start command. The device may be operated in the free-running mode by connecting $\overline{INTR}$ to the $\overline{WR}$ input with $\overline{CS}$ = 0. To ensure start-up under all possible conditions, an external $\overline{WR}$ pulse is required during the first power-up cycle.

On the high-to-low transition of the $\overline{WR}$ input the internal SAR latches and the shift register stages are reset. As long as the $\overline{CS}$ input and $\overline{WR}$ input remain low, the A/D will remain in a reset state. *Conversion will start from 1 to 8 clock periods after at least one of these inputs makes a low-to-high transition.*

A functional diagram of the A/D converter is shown in *Figure 4*. All of the package pinouts are shown and the major logic control paths are drawn in heavier weight lines.

The converter is started by having $\overline{CS}$ and $\overline{WR}$ simultaneously low. This sets the start flip-flop (F/F) and the resulting "1" level resets the 8-bit shift register, resets the Interrupt (INTR) F/F and inputs a "1" to the D flop, F/F1, which is at the input end of the 8-bit shift register. Internal clock signals then transfer this "1" to the Q output of F/F1. The AND gate, G1, combines this "1" output with a clock signal to provide a reset signal to the start F/F. If the set signal is no longer present (either $\overline{WR}$ or $\overline{CS}$ is a "1") the start F/F is reset and the 8-bit shift register then can have the "1" clocked in, which starts the conversion process. If the set signal were to still be present, this reset pulse would have no effect (both outputs of the start F/F would momentarily be at a "1" level) and the 8-bit shift register would continue to be held in the reset mode. This logic therefore allows for wide $\overline{CS}$ and $\overline{WR}$ signals and the converter will start after at least one of these signals returns high and the internal clocks again provide a reset signal for the start F/F.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช

ตารางวิเคราะห์ และประเมินผลรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ช.1 เกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ

ค่ากรด-ด่าง (pH)	ออกซิเจน (Do)	อุณหภูมิ (Temp)
A1 = pH ต่ำกว่า 7 A2 = 77.5-8.5 เป็นค่าเหมาะสม A3 = pH มากกว่า 8.5	B1 = Do ต่ำกว่า 4.5 B2 = 5-6 เป็นค่าที่เหมาะสม B3 = Do มากกว่า 6.3	C1 = ต่ำกว่า 27 องศาเซลเซียส C2 = 28-33 องศาเซลเซียส เป็นค่าที่เหมาะสม C3 = มากกว่า 35 องศาเซลเซียส

ตารางที่ ช.2 แสดงการเทียบค่า ว่าคำวินิจฉัย

111 = 1	112 = 2	113 = 3	121 = 4	122 = 5	123 = 6	131 = 7	132 = 8	133 = 9
211 = 10	212 = 11	213 = 12	221 = 13	222 = 14	223 = 15	231 = 16	232 = 17	233 = 18
311 = 19	312 = 20	313 = 21	321 = 22	322 = 23	323 = 24	331 = 25	332 = 26	333 = 27

1. pH, Do และ Temp มีค่าต่ำเกินไป ควรเปลี่ยนน้ำใหม่
2. pH และ Do มีค่าต่ำไป ควรเติมปูนขาวรอบบ่อ และตีน้ำ
3. pH และ Do มีค่าต่ำ แต่ Temp สูงเกินไป ควรเปลี่ยนน้ำใหม่
4. pH และ Do มีค่าต่ำ ควรเติมปูนขาวรอบบ่อ และตีน้ำ
5. pH มีค่าต่ำ ควรละลายปูนขาวเติมรอบบ่อ
6. pH มีค่าต่ำ แต่ Temp สูงเกินไป ควรเติมปูนขาวรอบบ่อ และตีน้ำ
7. pH และ Temp มีค่าต่ำ แต่ Do สูงเกินไปควรเปลี่ยนน้ำใหม่
8. pH มีค่าต่ำ แต่ Do สูงเกินไป ควรเติมปูนขาวรอบบ่อ และตีน้ำ
9. pH มีค่าต่ำ แต่ Do และ Temp สูงเกินไปควรเปลี่ยนน้ำใหม่
10. Do และ Temp มีค่าต่ำควรตีน้ำโดยด่วน
11. Do มีค่าต่ำ ควรตีน้ำโดยด่วน
12. Do มีค่าต่ำ แต่ Temp สูง ควรตีน้ำโดยด่วน
13. Temp มีค่าต่ำ ควรตีน้ำได้แล้ว
14. เป็นค่าที่เหมาะสมแล้วที่จะเลี้ยงกุ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15. Temp มีค่าสูงควรตีน้ำได้แล้ว

16. Do มีค่าสูง แต่ Temp มีค่าต่ำควรตีน้ำโดยด่วน

17. Do มีค่าสูง ควรตีน้ำได้แล้ว

18. pH มีค่าสูง ควรตีน้ำโดยด่วน

19. pH มีค่าสูง แต่ Do และ Temp มีค่าต่ำ ควรถ่ายน้ำเพื่อเปลี่ยนใหม่

20. pH มีค่าสูง แต่ Do มีค่าต่ำ ควรละลายน้ำสมแล้วสาดรอบบ่อและตีน้ำ

21. pH และ Temp มีค่าสูง แต่ Do มีค่าต่ำ ควรตีน้ำและเติมน้ำส้ม

22. pH มีค่าสูง แต่ Temp มีค่าต่ำ ควรตีน้ำและเติมน้ำส้ม

23. pH สูง ควรละลายน้ำส้มแล้วเติมรอบบ่อ

24. pH และ Temp สูง ควรตีน้ำและเติมน้ำส้ม

25. pH และ Do มีค่าสูง แต่ Temp ต่ำ ควรถ่ายน้ำเพื่อเปลี่ยนใหม่

26. pH และ Do มีค่าสูงควรเติมน้ำส้ม และตีน้ำ

27. pH, Do และ Temp มีค่าสูงควรถ่ายน้ำเพื่อเปลี่ยนใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กลุ่ม NCS. **ออปแอมป์.** กรุงเทพฯ : ฟิสิกเซ็นเตอร์. 2535.

ปัญญา สุวรรณสมุทร. **การเลี้ยงกุ้งกุลาดำ.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2540

เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต. **แหล่งน้ำกับปัญหามลพิษ.** พิมพ์ครั้งที่ 5. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2538.

ธรรมรักษ์ ละอองนวล. **การวิเคราะห์คุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงกุ้ง.** คณะเกษตร และอุตสหกรรม สถาบันราชภัฏอุบลราชธานี. 2541

อนันต์ คัมภิรานนท์. **อิเล็กทรอนิกส์อุตสหกรรม 1.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์บริษัทสยาม สปอร์ต ซินดิเคต จำกัด. 2538.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นางสาวกัลยา ปราบสงคราม
วันเดือนปีเกิด	วันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ. 2522
สถานที่เกิด	จังหวัดพัทลุง
ภูมิลำเนาเดิม	บ้านเลขที่ 115/2 หมู่ 6 ตำบลหานโพธิ์ อำเภอเขาชัยสน จังหวัดพัทลุง
ที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 115/2 หมู่ 6 ตำบลหานโพธิ์ อำเภอเขาชัยสน จังหวัดพัทลุง
โทรศัพท์	0-9781-6613

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านแหลมดิน
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนสตรีพัทลุง
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคพัทลุง
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคหาดใหญ่
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	มีความรู้กลัวอะไรกับปัญหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายไชยยะ ธนพัฒน์ศิริ
วันเดือนปีเกิด	วันที่ 6 กรกฎาคม พ.ศ. 2522
สถานที่เกิด	จังหวัดตรัง
ภูมิลำเนาเดิม	บ้านเลขที่ 40/2 หมู่ 2 ตำบลเขากอบ อำเภอห้วยยอด จังหวัดตรัง
ที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 40/2 หมู่ 2 ตำบลเขากอบ อำเภอห้วยยอด จังหวัดตรัง
โทรศัพท์	0-9113-1322

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านเขากอบ
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนวัดคีรีวิหาร
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคตรัง
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคใต้ สงขลา
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	ผิดเป็นครู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายธนารักษ์ ราชเล็ก
วันเดือนปีเกิด	วันที่ 11 กันยายน พ.ศ. 2522
สถานที่เกิด	จังหวัดพัทลุง
ภูมิลำเนาเดิม	บ้านเลขที่ 2 หมู่ 2 ถนนเพชรเกษม ตำบลท่ามิหรำ อำเภอเมือง จังหวัดพัทลุง
ที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 2 หมู่ 2 ถนนเพชรเกษม ตำบลท่ามิหรำ อำเภอเมือง จังหวัดพัทลุง
โทรศัพท์	0-7461-2899

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนเทศบาลบ้านคูหาสวรรค์
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนควนขนุนวิทยาคม
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคพัทลุง
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคพัทลุง
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	ทำวันนี้ให้ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายสายยนต์ ปิ่นใจ
วันเดือนปีเกิด	วันที่ 1 กันยายน พ.ศ. 2522
สถานที่เกิด	จังหวัดเพชรบูรณ์
ภูมิลำเนาเดิม	บ้านเลขที่ 23 หมู่ 4 ตำบลหนองไขว่ อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์
ที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 23 หมู่ 4 ตำบลหนองไขว่ อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์
โทรศัพท์	-

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านหนองไขว่
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนผาเมืองวิทยาคม
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคเพชรบูรณ์
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคเพชรบูรณ์
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	ฝันให้ไกล ไปให้ถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้