รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งและเก็บตัวอย่างน้ำแบบ 3 ระดับความลึก
The Coastal Water Quality Monitoring Systems and three samples of water depth.

นายมนตรี ไชยชาญยุทธ์
นายอรรถศาสตร์ นาคเทวัญ
นางสาวมนต์สรวง ยางทอง

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งและเก็บตัวอย่างน้ำแบบ 3 ระดับความลึก
The Coastal Water Quality Monitoring Systems and three samples of water depth.

นายมนตรี ไชยชาญยุทธ์
นายอรรถศาสตร์ นาคเทวัญ
นางสาวมนต์สรวง ยางทอง

สกพ.....
เลขทะเบียน 142879
วัน.เดือน.ปี - 6 ส.ค. 2559

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งและเก็บตัวอย่างน้ำแบบ 3 ระดับความลึก
แหล่งเงิน เงินงบประมาณแผ่นดิน
ประจำปีงบประมาณ 2558 **จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน** 438,000 **บาท**
ระยะเวลาทำการวิจัย 1 **ปี ตั้งแต่** ตุลาคม 2557 **ถึง** กันยายน 2558

ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ และผู้ร่วมโครงการวิจัย พร้อมระบุ หน่วยงานต้นสังกัด

นายมนตรี ไชยชาญยุทธ์	**สถานะ** หัวหน้าโครงการวิจัย	**หน่วยงานต้นสังกัด** วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
นายอรรถศาสตร์ นาคเทวัญ	**สถานะ** ผู้ร่วมวิจัย	**หน่วยงานต้นสังกัด** วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
นางสาวมนต์สรวง ยางทอง	**สถานะ** ผู้ร่วมวิจัย	**หน่วยงานต้นสังกัด** วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้ได้กล่าวถึงการออกแบบระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งและเก็บตัวอย่างน้ำแบบ 3 ระดับความลึก เพื่อเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำบริเวณชายฝั่งทะเล ระบบที่ออกแบบประกอบด้วย การตรวจวัดคุณภาพน้ำ การเก็บตัวอย่างน้ำ การวัดความลึกของน้ำ การวัดคุณภาพน้ำจะสามารถตรวจวัดปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ตรวจวัดพีเอช ตรวจวัดอุณหภูมิ และตรวจวัดความเค็ม ซึ่งเซ็นเซอร์แต่ละชนิดมีความละเอียดในการวัดที่ 0.01 การเก็บตัวอย่างน้ำสามารถเก็บตัวอย่างน้ำได้ 3 ระดับความลึก แต่ละระดับความลึกเก็บตัวอย่างน้ำ 500 มิลลิลิตร ที่ระดับน้ำลึกไม่เกิน 30 เมตร ระบบถูกควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC 18F46K22) แสดงผลผ่านหน้าจอแอลซีดี มีอีอีพรอมเก็บข้อมูลการวัดและเก็บข้อมูลแบบเวลาจริง

จากผลการทดลองตรวจวัดค่าออกซิเจนละลายในน้ำ ค่าพีเอช ค่าอุณหภูมิ และค่าความเค็ม เทียบกับวิธีมาตรฐานระบบที่ออกแบบมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด 25% 20% 20% และ15% ตามลำดับ ซึ่งค่าความผิดพลาดดังกล่าวก็เป็นที่ยอมรับได้ ส่วนการวัดความลึก และเก็บตัวอย่างน้ำระบบที่ออกแบบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ : คุณภาพน้ำ น้ำเค็ม อุณหภูมิ ความเค็ม ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: The Coastal Water Quality Monitoring Systems and three samples of water depth.

Researcher: Mr. Montree CHAICHANYUT

Faculty: Chumphon campus **Department:** Electronics engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang Prince of Chumphon campus

ABSTRACT

This research presented to the design of the Water Quality Monitoring Machine which we use for gathering the data of the water quality of the coastal area in salt water and brackish water. This system consists of three parts: the water quality measurement, the water sampling, the water depth measurement. The water quality measurement can measure of dissolved oxygen, pH, temperature and salinity, each the sensor types have resolution was 0.01. The water sampling can collect the sample on difference 3 depth levels, that can keep sample was 500 ml/level. And the system can be measured at the depth level less than 30 meters. On the system is controlled by a microcontroller (PIC 18F46K22), that shown the result of water quality value on the LCD display and kept the data into the EEPROM on real time.

From our experimentation, the measurement result of Dissolved Oxygen, pH, Temperature and Salinity compared with the standard measurement system, which the result of experimental has a percentage error of 25%, 20%, 20% and 15% respectively. However, the results were acceptable. The result of Water Depth Measurement and Water Sampling can be used effectively.

Keywords: Water quality, Sea Water, Temperature, Salinity, dissolved oxygen (DO)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยชิ้นนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี ด้วยความช่วยเหลือ และการสนับสนุนจากบุคคลหลายๆ ท่าน ซึ่งผู้เขียนขอขอบคุณทุกๆ ท่านดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ผู้ซึ่งคอยให้การอบรมสั่งสอน เลี้ยงดู สนับสนุนการศึกษาอย่างเต็มที่ตลอดจนให้กำลังใจเสมอมา ผู้เขียนขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ ผศ.พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ ที่ปรึกษางานวิจัย และคำแนะนำต่าง ๆ เกี่ยวกับการทำงานวิจัย ผู้เขียนรู้สึกซาบซึ้งในความเมตตาของท่านจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณนางวรัญญา พริ้มจรัส ที่ช่วยในการสนับสนุนค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับงานวิจัย ทั้งยังช่วยเหลือในด้านการประสานงาน และคอยให้กำลังใจเสมอมา จนงานวิจัยสามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นอกจากนี้ผู้เขียนใคร่ขอขอบพระคุณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ให้ความรู้และโอกาสในการทำงาน ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวได้รับงบประมาณจากแหล่งทุนงบประมาณแผ่นดินประจำปีงบประมาณ 2558

นายมนตรี ไชยชาญยุทธ์
นายอรรถศาสตร์ นาคเทวัญ
นางสาวมนต์สรวง ยางทอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญตาราง VI
สารบัญรูป VII
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย 3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
1.6 แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย 4
บทที่ 2 ทฤษฎี และหลักการที่เกี่ยวข้อง 6
2.1 บทนำ 5
2.2 คุณภาพน้ำเบื้องต้น 5
2.2.1 อุณหภูมิ 6
2.2.2 พีเอช (pH) แสดงความเป็นกรดหรือเบสของน้ำ 7
2.2.3 ความเค็ม (Salinity) 8
2.2.4 ออกซิเจนที่ละลายน้ำ 9
2.3 งานวิจัย และชิ้นงานที่เกี่ยวข้อง 9
2.3.1. ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำและแสดงแผนที่อัตโนมัติ 9
2.3.2. สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ 10
2.3.3. โครงการจัดทำสถานีเฝ้าระวังคุณภาพน้ำโดยระบบโทรมาตร แบบทุ่นลอยในคลองสารภี จังหวัดปราจีนบุรี 10
2.3.4. โครงการจัดทำสถานีตรวจวัดคุณสมบัติของดินและน้ำ แบบอัตโนมัติผ่านระบบไร้สาย 12
2.3.5. เครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำแบบทุ่นลอย 12
2.4 เครื่องมือวัดที่เกี่ยวข้อง 13
2.4.1 เครื่องมือวัดออกซิเจนในน้ำ (Dissolved Oxygen Kit) 13
2.4.2 ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen) 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.4.3 เครื่องวัดกรดด่าง (pH Meter) รุ่น pH Stamp 17
2.4.4 เครื่องวัดอุณหภูมิ เทอร์มิสเตอร์ (Thermistors) 18
2.4.5 เทอร์โมมิเตอร์แบบกระเปาะแก้ว(Liquid in Glass Thermometer) 21
2.4.6 การนำไฟฟ้า 22
2.4.7 เครื่องวัดค่าความเค็มรีแฟคโตมิเตอร์วัดความเค็ม 22
2.4.8 วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำในเพื่อไปตรวจสอบในห้องปฏิบัติการ 24
บทที่ 3 วิธีการ และการออกแบบ 28
3.1 กรอบแนวความคิดของโครงงานวิจัย 28
3.2 การออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware) หรือวงจรการใช้งาน 29
3.2.1 วงจรแสดงผลทางแอลซีดี 29
3.2.2 วงจรสมบูรณ์สำหรับวัดอุณหภูมิ 30
3.2.3 วงจรสมบูรณ์สำหรับวัดความเค็ม 31
3.2.4 วงจรขับมอเตอร์ 5V 34
3.2.5 วงจรขยายแรงดัน 35
3.2.6 วงจรขับและกลับทิศทางมอเตอร์ 12V 38
3.3 การออกแบบทางด้านซอฟแวร์ (Software) 40
3.4 การออกแบบโครงสร้างและส่วนต่างๆของเครื่องวัดคุณภาพน้ำ 44
3.4.1 โครงสร้างส่วนเก็บข้อมูลใต้น้ำ 44
3.4.2 โครงสร้างส่วนควบคุมบนฝั่ง 50
3.5 การเปรียบเทียบเครื่องที่ผลิตกับเครื่องที่มีขายตามท้องตลาด 51
บทที่ 4 วิธีการ และผลการทดลอง 52
4.1 การทดลองที่ 1 การใช้งานพื้นฐานของเซ็นเซอร์ 52
การทดลองที่ 1.1 การทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันเฉลี่ยกับอุณหภูมิ 52
การทดลองที่ 1.2 การทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มมาตรฐานกับแรงดัน 57
การทดลองที่ 1.3 การทดลองหาเวลาในการดึงเส้นลวดสลิง 59
4.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาประสิทธิภาพของระบบ 60
การทดลองที่ 2.1 การทดลองระบบการทำงานของเซ็นเซอร์วัดออกซิเจนในน้ำ 60
ที่อ่านค่าจากหน้าจอแอลซีดีกับการวัดจากคอมพิวเตอร์ 64
การทดลองที่ 2.2 การทดลองระบบการทำงานของเซ็นเซอร์วัดออกซิเจนในน้ำกับวิธีมาตรฐาน 64
การทดลองที่ 2.3 การทดลองระบบการทำงานของเซ็นเซอร์วัดพีเอชกับวิธีมาตรฐาน 65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

การทดลองที่ 2.4 การทดลองระบบการทำงานของเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิกับวิธีมาตรฐาน.....67
การทดลองที่ 2.5 การทดลองระบบการทำงานของเซ็นเซอร์วัดความเค็มกับวิธีมาตรฐาน.....69
การทดลองที่ 2.6 การทดลองตรวจสอบระบบการปล่อย หรือดึงของลวดสลิงกับการวัดวิธีมาตรฐาน.....70
4.3 การทดลองที่ 3 การทดลองประสิทธิภาพของเครื่องวัดคุณภาพน้ำ.....71
การทดลองที่ 3.1 การทดลองประสิทธิภาพของเครื่องวัดคุณภาพน้ำที่ความลึก 0 เมตร.....72
การทดลองที่ 3.2 การทำงานรวมของเครื่องวัดคุณภาพน้ำ.....73
บทที่ 5 สรุปผล และข้อเสนอแนะ.....78
5.1 สรุปผลการทดลอง.....78
5.2 ปัญหาและอุปสรรค.....71
5.3 ข้อเสนอแนะ.....79

บรรณานุกรม/เอกสารอ้างอิง.....80
ภาคผนวก.....81
ภาคผนวก ก วงจรรวม และโปรแกรมควบคุม.....81
ภาคผนวก ข คู่มือการใช้งาน.....121
ภาคผนวก ค สรุปผลดำเนินงานวิจัย.....124
ภาคผนวก ง สรุปการใช้จ่ายการดำเนินการโครงการวิจัย.....126

ประวัตินักวิจัย.....128

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

3.1 รายละเอียดเครื่องวัดคุณภาพน้ำ 49
3.1 (ต่อ) รายละเอียดเครื่องวัดคุณภาพน้ำ 50
3.2 เปรียบเทียบคุณภาพเครื่องที่ผลิตกับเครื่องตามท้องตลาด 51
4.1 แสดงค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงกับแรงดันที่อ่านได้ 54
4.1 (ต่อ) แสดงค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงกับแรงดันที่อ่านได้ 55
4.2 แสดงค่าความเข้มข้นของความเค็มกับแรงดัน 57
4.3 การดึงลวดสลิง 59
4.4 แสดงการเปรียบเทียบของค่าที่อ่านจากคอมพิวเตอร์กับค่าที่อ่านจากหน้าจอแอลซีดี 63
4.5 แสดงการเปรียบเทียบวิธีมาตรฐานกับเซ็นเซอร์วัดออกซิเจนในน้ำ 64
4.6 แสดงการเปรียบเทียบน้ำตัวอย่างที่ค่ามาตรฐานกับเซ็นเซอร์วัดพีเอช 66
4.7 แสดงค่าอุณหภูมิจากเทอร์โมมิเตอร์กับเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ 68
4.8 แสดงค่าความเข้มข้นของความเค็มกับแรงดัน 70
4.9 การดึงขดลวดสลิง 71
4.10 แสดงค่าที่วัดได้ 73
4.11 การทดสอบเครื่องวัดคุณภาพน้ำ 75
4.11 (ต่อ) การทดสอบเครื่องวัดคุณภาพน้ำ 76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 เครื่องมือวัดออกซิเจนในน้ำ Dissolved Oxygen Kit 13
2.2 เครื่องวัดกรดด่าง (pH Meter) รุ่น pH Stamp 17
2.3 ลักษณะโครงสร้างเซ็นเซอร์พีเอชชนิด ISFET 18
2.4 แสดงสัญลักษณ์และรูปร่างของเทอร์มิสเตอร์ 18
2.5 แสดงกราฟคุณสมบัติของเทอร์มิสเตอร์ชนิดค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิทางลบและ
ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิทางบวก 20
2.6 ส่วนประกอบที่สำคัญของเทอร์โมมิเตอร์แบบกระเปาะแก้ว 21
2.7 สารละลายอิเล็กโทรไลต์ 22
2.8 เครื่อง salt meter salinity refractometer 23
2.9 แสดงภาพกระบอกเก็บตัวอย่างน้ำแบบต่างๆ 29
3.1 แสดงไดอะแกรมกรอบแนวความคิดของโครงงานวิจัย 29
3.2 วงจรแสดงผลทางโมดูลแอลซีดี 30
3.3 วงจรสมบูรณ์สำหรับวัดอุณหภูมิ 30
3.4 วงจรสมบูรณ์สำหรับวัดความเค็ม 31
3.5 วงจรขับมอเตอร์ 5V 35
3.6 วงจรขยายแรงดัน 35
3.7 วงจรขับและกลับทิศทางมอเตอร์ 12V 38
3.8 แสดงการทำงานแผนผัง (Flowchart) ส่วนเครื่องวัดคุณภาพน้ำ 41
3.9 แสดงการทำงานแผนผัง (Flowchart) ส่วนระบบปล่อยเครื่องขึ้นลงอัตโนมัติ 42
3.9(ต่อ) แสดงการทำงานแผนผัง (Flowchart) ส่วนระบบปล่อยเครื่องขึ้นลงอัตโนมัติ 43
3.10 แสดงโพรบเซ็นเซอร์ออกซิเจนในน้ำ 44
3.11 แสดงโพรบเซ็นเซอร์พีเอช 44
3.12 แสดงโพรบเซ็นเซอร์อุณหภูมิ 45
3.13 แสดงโพรบความเค็ม 45
3.14 แสดงโพรบเซ็นเซอร์ความนำของน้ำ 46
3.15 แสดงกระบอกเก็บน้ำ 46
3.16 แสดงส่วนฝาปิดด้านบน 47
3.17 แสดงส่วนฝาปิดด้านล่าง 48
3.18 แสดงส่วนลำตัวเครื่องวัดคุณภาพน้ำ 48
3.19 แสดงปุ่มกดควบคุมการใช้งาน 49
3.20 แสดงเครื่องวัดคุณภาพน้ำ 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.21 แสดงกล่องควบคุมเครื่องขึ้นลงอัตโนมัติ 50
3.22 แสดงระบบปล่อยเครื่องขึ้นลงอัตโนมัติ 50
4.1 แคลอรีมิเตอร์ไฟฟ้า (Electric Calorimeter) 52
4.2 การเสียบเทอร์โมมิเตอร์กับโพรบของเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ 53
4.3 การอ่านค่าจากเทอร์โมมิเตอร์เทียบกับมิเตอร์ 53
4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับแรงดันที่อุณหภูมิ 4-60 องศาเซลเซียส 56
4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับแรงดันที่อุณหภูมิ 20-45 องศาเซลเซียส 56
4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มกับค่าแรงดันเฉลี่ย 58
4.7 อุปกรณ์การดึงขดลวดสลิง 59
4.8 น้ำตัวอย่างจากที่ต่างๆ 61
4.9 แสดงการจุ่มโพรบของเซ็นเซอร์วัดออกซิเจนที่ละลายในน้ำ 61
4.10 แสดงหน้าจอคอมพิวเตอร์ 62
4.11 แสดงหน้าจอแอลซีดี (LCD) 62
4.12 ตัวอย่างน้ำมาตรฐานที่ pH 4, 7 และ 10 65
4.13 การแสดงผลผ่านหน้าจอแอลซีดี (LCD) 66
4.14 น้ำในบีกเกอร์(ตัวอย่างที่ใช้ทดลอง) 67
4.15 เทอร์โมมิเตอร์กับโพรบเซ็นเซอร์อุณหภูมิจุ่มลงในน้ำเย็น 68
4.16 แสดงหัวโพรบของเซ็นเซอร์วัดความเค็ม 69
4.17 แสดงการต่ออุปกรณ์ 71
4.18 แสดงเครื่องวัดคุณภาพน้ำ 72
4.19 แสดงโปรแกรมที่จะเข้าสู่การทำงาน 72
4.20 ห้วยตีนจับ สะพานคลองบางสน และเกาะไข่ 73
4.21 แสดงการนำเชือกมาวัดระดับน้ำ 74
4.22 แสดงการตั้งค่าเครื่องปล่อยอัตโนมัติ 74
4.23 แสดงการปล่อยเครื่องวัดคุณภาพน้ำ 74
4.24 แสดงหน้าจอแอลซีดี ที่เกาะไข่ วันที่ 2 ความลึกที่ 3 12 เมตร 75
4.25 แสดงใส่กระบอกน้ำ 77
4.26 แสดงการใส่ลวดสลิง 77
4.27 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด ขณะเดินทาง 77
4.28 แสดงการปล่อยเครื่องวัดคุณภาพน้ำลงสู่ทะเล 77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของงานวิจัย สมมุติฐานของการศึกษา ทฤษฎี หรือแนวคิดที่ใช้ในงานวิจัย ขอบเขตของงานวิจัย ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และแผนการถ่ายทอดเทคโนโลยี

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันประเทศไทยมีการพัฒนาทางเศรษฐกิจ สังคม และเทคโนโลยีต่าง ๆ มากขึ้นทำให้มีมลพิษปนเปื้อนในทรัพยากรน้ำมากขึ้น อีกทั้งชาวประมงมีการจับสัตว์น้ำมากขึ้น เพื่อเป็นการตอบสนองความต้องการการบริโภคอาหารทะเล ทำให้สัตว์น้ำลดน้อยลด จึงมีการเพาะพันธุ์สัตว์น้ำเพื่อการนำไปบริโภค และสามารถรักษาพันธุ์สัตว์น้ำได้ด้วย ในฐานะที่ใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำ จึงควรทราบถึงคุณภาพของแหล่งน้ำและต้องมีวิธีจัดการดูแลรักษาแหล่งน้ำให้มีความสะอาดปราศจากมลพิษ เพื่อการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ไม่ว่าจะเป็นสัตว์น้ำเค็ม น้ำจืด หรือ ปะการังต่างๆแต่ยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร ดังนั้นการวัดตรวจสอบคุณภาพน้ำก่อนที่จะทำการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจึงจำเป็นต้องรู้ถึงคุณภาพน้ำที่สัตว์น้ำได้อยู่อาศัย ดำรงชีวิตและเจริญเติบโต เนื่องจากน้ำแต่ละที่มีคุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไปตามสภาพแวดล้อมและบริเวณพื้นที่ต่างกัน เช่น แม่น้ำ ลำคลอง และทะเล เป็นต้น ซึ่งไม่สามารถตรวจสอบและวิเคราะห์ด้วยตาเปล่าได้ว่า น้ำ ณ จุดนั้นมีคุณสมบัติเป็นอย่างไร เหมาะแก่การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ปะการังและพืชน้ำต่างๆหรือไม่ ทำให้มีการคิดค้นเครื่องตรวจสอบคุณภาพน้ำ เพื่อที่จะรักษาคุณภาพน้ำให้มีคุณภาพและสามารถใช้ดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตต่อไปได้ ซึ่งในปัจจุบันการตรวจวัดคุณภาพน้ำทะเลแถบชายฝั่ง จะใช้การเก็บตัวอย่างน้ำโดยการใช้วิธีค่อยๆ หย่อนอุปกรณ์กระบอกเก็บตัวอย่างน้ำ เมื่อถึงระดับความลึกที่ต้องการ ทิ้งไว้ประมาณ 15 วินาที แล้วจึงปล่อยลูกตุ้ม เพื่อให้อุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำปิด แล้วจึงดึงนำกระบอกเก็บน้ำตัวอย่างมาเก็บน้ำใส่ขวด ซึ่งจะเห็นได้ว่าวิธีการเก็บคุณภาพน้ำแบบนี้มีความยุ่งยากและไม่มีความสะดวก นอกจากนี้การเก็บน้ำตัวอย่างทำได้ทีละครั้งที่ระดับความลึกเดียว และการตรวจวัดคุณภาพน้ำก็ยังต้องนำน้ำมาทดสอบคุณภาพน้ำบนบก และจะใช้กระบวนการทางเคมี ทั้งนี้ค่าพื้นฐานบางอย่างอาจจะแปรเปลี่ยนไปตามเวลา ถ้าต้องรอทดสอบในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ค่าที่วัดได้ก็ไม่ใช่ค่าจริง

และก่อนหน้านี้ผู้วิจัยมีโอกาสประสานงานพบปะพูดคุย และได้ร่วมศึกษาเรียนรู้การตรวจวัดคุณภาพน้ำทะเลกับศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยตอนกลาง จังหวัดชุมพร และกรมทรัพยากรธรรมชาติชายฝั่งทะเล ซึ่งทำให้ทราบว่าอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดคุณภาพ เก็บตัวอย่างน้ำทะเล และเก็บข้อมูล มีราคาที่ค่อนข้างสูง อีกทั้งเมื่อเกิดความเสียต้องส่งเครื่องไปซ่อมซึ่งต้องใช้ระยะเวลาในการซ่อมค่อนข้างที่จะนาน ทำให้การเก็บตัวอย่าง ต้องชะงักลง

*ดังนั้นคณะผู้วิจัย*คณะผู้วิจัยได้ตระหนักถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน จึงได้ถือเป็นหัวข้อวิจัยหลักที่จะทำการวิจัยและพัฒนา ออกแบบระบบ*ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง โดยการนำเซนเซอร์ทางอิเล็กทรอนิกส์มาช่วยตรวจวัดค่าพารามิเตอร์พื้นฐานที่แสดงถึงระดับคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งที่ระดับความลึกต่างๆ 3 ระดับ ความลึกไม่เกิน 30 เมตร ซึ่งสามารถตรวจวัดหาค่าpH ค่า*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกซิเจนในน้ำ ค่าอุณหภูมิ ค่าความเค็ม และยังสามารถเก็บตัวอย่างน้ำขึ้นมาทดสอบทางเคมีได้อีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

โครงการวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ความรู้ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อศึกษา และออกแบบระบบการวัดคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งซึ่งวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยมีดังนี้

1.2.1 เพื่อศึกษา ออกแบบระบบการวัดค่าพื้นฐาน คือ ค่าpH ค่าออกซิเจนในน้ำ ค่าอุณหภูมิ ค่าความเค็ม เพื่อบ่งชี้คุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง

1.2.2 เพื่อศึกษา และออกแบบรูปแบบของกระบอกเก็บตัวอย่างน้ำทะเล และระบบตรวจวัดความลึกของน้ำทะเลชายฝั่งอย่างง่าย

1.2.3 เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสม และประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภายในประเทศให้เกิดประโยชน์สูงสุดเพื่อการตรวจวัดคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งเพื่อฟื้นฟูแหล่งทรัพยากรธรรม-ชาติ และแก้ไขปัญหาวิกฤตด้านสิ่งแวดล้อม

1.2.4 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพทางด้านความรวดเร็ว และการใช้งานที่ง่าย โดยการใช้ระบบการประมวลผลด้วยเทคโนโลยีสมองกลฝังตัว (ไมโครคอลโทลเลอร์) แทนการตรวจวัดค่าพื้นฐานของคุณภาพน้ำด้วยกระบวนการทางเคมี

1.2.5 เพื่อการพัฒนาทรัพยากรธรรมชาติของประเทศซึ่งถือที่เป็นฐานการผลิตภาคเกษตรประมงให้มีความเข็มแข็งและยั่งยืน

1.2.6 เพื่อการพัฒนาศักยภาพในการแข่งขัน และการพึ่งพาตนเองทางด้านการเกษตรประมง

1.2.7 เพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัย เชิงประยุกต์โดยแนวทางใหม่

1.2.8 กระตุ้นให้เกิดการวิจัยในเชิงวิศวกรรมระดับสูง และเผยแพร่ต่อสาธารณะ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ภายในปีงบประมาณ 2558 จะทำศึกษาออกแบบวงจร ระบบวิธีการวัด และเซ็นเซอร์หรือโพรบที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้ในการวัดคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งพร้อมทั้งสามารถเก็บตัวอย่างน้ำที่ระดับความลึกตามที่กำหนดได้ 3 ระดับ และทำการทดสอบให้มีประสิทธิภาพทั้งในด้านความถูกต้อง และใช้งานได้ง่าย ซึ่งจะศึกษาส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้

1.3.1 ศึกษา และออกแบบระบบเซนเซอร์ โดยระบบที่ออกแบบสามารถตรวจจับหรือตรวจวัดค่าพื้นฐานที่ใช้บ่งชี้ถึงคุณภาพน้ำได้แก่ ค่าpH ค่าออกซิเจนในน้ำ ค่าอุณหภูมิ และค่าความเค็ม

1.3.2 ศึกษา และออกแบบรูปแบบของกระบอกเก็บตัวอย่างน้ำทะเลเพื่อนำน้ำทะเลตัวอย่างมาทดสอบในห้องแลป

1.3.3 ระบบตรวจวัดระดับความลึกของน้ำทะเล สามารถตั้งค่าระดับความลึกของระดับน้ำที่ต้องการเก็บตัวอย่างได้ 3 ระดับ ที่ระดับความลึกไม่เกิน 30 เมตร

1.3.4 ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งจะเก็บข้อมูลค่าพื้นฐานที่ใช้บ่งชี้ถึงคุณภาพน้ำที่ระดับความลึกตามที่ตั้งไว้โดยอัตโนมัติ

1.3.5 เมื่อระบบทำการตรวจวัดค่าพารามิเตอร์พื้นฐานและตัวอย่างน้ำทะเลตามระดับความลึกที่ตั้งไว้เรียบร้อยแล้ว จะขึ้นสู่ผิวน้ำโดยอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

สำหรับงานวิจัยนี้จะดำเนินงาน ศึกษาระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งและเก็บตัวอย่างน้ำแบบ 3 ระดับความลึก โดยจะแบ่งการดำเนินงานออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนของการออกแบบระบบทางอิเล็กทรอนิกส์และระบบควบคุมประมวลผล ส่วนที่สองเป็นกระบวนการในการทำลองหรือทดสอบระบบเพื่อสอบเทียบมาตรฐาน ซึ่งการดำเนินการวิจัยมีขั้นตอนดังนี้

1.4.1 รวบรวมข้อมูลการตรวจวัดคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง

1.4.2 ส่วนของการออกแบบระบบทางอิเล็กทรอนิกส์และระบบควบคุมประมวลผลซึ่งแยกเป็นการออกแบบแต่ละส่วนดังต่อไปนี้

ออกแบบระบบเซนเซอร์ต่างๆได้แก่ ค่าpH ค่าออกซิเจนในน้ำ ค่าอุณหภูมิ ค่าความเค็มรวมทั้งการตรวจวัดระดับความลึกของน้ำทะเล และออกแบบ ระบบอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการควบคุมการเก็บตัวอย่างน้ำการแสดงผล และระบบการเก็บข้อมูล

ศึกษาออกแบบโครงสร้างของระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำทะเล และเก็บตัวอย่างน้ำ และโครงสร้างโดยรวมอาทิเช่น ตำแหน่งในการติดตั้งเซนเซอร์ แบตเตอรี่ หน้าจอแสดงผล ระบบการถ่วงน้ำหนัก การกำหนดทิศทางในการลู่น้ำของระบบ

1.4.3 การทดลอง และการสอบเทียบมาตรฐาน หลังจากออกแบบระบบโดยรวมเสร็จเรียบร้อยแล้วจะเป็นการทดลองเก็บผลเพื่อสอบเทียบกับวิธีมาตรฐานโดยแบ่งเป็นการทดลองต่างดังนี้

การทดลองที่ 1 การสอบเทียบมาตรฐานของระบบอิเล็กทรอนิกส์และการควบคุม

ในการทดลองนี้จะทำการทดลองความถูกต้องในการตรวจวัดของเซนเซอร์แต่ละชนิดดังที่กล่าวมาแล้วในข้างต้น เพื่อสอบเทียบกับวิธีการตรวจวัดมาตรฐาน พร้อมทั้งคำนวณหาค่าความผิดพลาด รวมทั้งทดลองความถูกต้องในการเก็บข้อมูล การแสดงผล และการเก็บตัวอย่างน้ำทะเล

การทดลองที่ 2 การทดลองประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ

เมื่อระบบเซนเซอร์ทำงานถูกต้องได้มาตรฐานแล้ว ในการทดลองนี้จะทำการทดลองระบบโดยรวมด้วยการประกอบระบบทั้งหมดเข้ากับระบบโครงสร้าง และทำการทดสอบจริงที่ระดับความลึกของน้ำทะเลระดับต่างๆ บันทึกผลสภาพโดยรวมอาทิเช่น ผลของน้ำทะเลต่อโครงสร้าง รวมถึงปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อการทำงานของระบบ

1.4.4 ปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบให้มีคุณภาพเป็นที่น่าพอใจมากยิ่งขึ้นเช่น การพัฒนาโครงสร้างภายนอกเพิ่มเติม หรือการพัฒนาโปรแกรม เป็นต้น

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เมื่อเสร็จสิ้นโครงการวิจัยแล้วผลสำเร็จและความคุ้มค่าของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับนี้เป็น**ผลสำเร็จเบื้องต้น(P)** ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- ได้ระบบที่สามารถตรวจวัดคุณภาพ และเก็บตัวอย่างของน้ำทะเลเพื่อการตรวจสอบได้ โดยเน้น ค่าบ่งชี้คุณภาพพื้นฐาน ได้แก่ ค่าpH ค่าออกซิเจนในน้ำ ค่าอุณหภูมิ ค่าความเค็ม
- สามารถพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสม และประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภายในประเทศให้เกิดประโยชน์สูงสุดเพื่อการตรวจวัดคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สามารถเพิ่มประสิทธิภาพทางด้านความรวดเร็ว และการใช้งานที่ง่าย แทนการตรวจวัดค่าพื้นฐานของคุณภาพน้ำด้วยกระบวนการทางเคมี
- ได้ระบบการตรวจวัดคุณภาพน้ำทะชายฝั่งที่มีคุณภาพราคาถูกกว่าต่างประเทศ ด้านการเรียนการสอนจะช่วยเพิ่มศักยภาพในการวิจัยสำหรับนักวิจัยรุ่นใหม่ โดยเฉพาะนักศึกษานักศึกษาระดับปริญญาตรีของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

1.5.2 หน่วยงานที่นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

- สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร
- กรมประมงชายฝั่งทะเล
- หน่วยงานภาครัฐ เอกชน อุตสาหกรรม และเกษตรกรประมงชายฝั่งทั่วไป

1.6 แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

เมื่อเสร็จสิ้นการวิเคราะห์ และทดลองในห้องปฏิบัติการแล้ว จะทำการถ่ายทอดเทคนิคให้กับหน่วยงาน และกลุ่มเกษตรกรผู้สนใจ ทำการเผยแพร่ผลงานในแบบบทความ ในวารสารด้านการเกษตรและวิศวกรรมศาสตร์ การตีพิมพ์ในรูปแบบงานวิจัย และการเสนอผลงานทางวิชาการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี และหลักการที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึง ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการทำโครงงาน โดยมีการศึกษาในทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยโดยประกอบด้วย พื้นฐานของคุณภาพน้ำ การตรวจวัดคุณภาพของน้ำ เครื่องมือที่ใช้ในการรวจวัดคุณภาพน้ำ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจวัดคุณภาพน้ำ

2.1 บทนำ

น้ำเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญที่สุดในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทุกประเภท[1] เนื่องจากน้ำเป็นแหล่งออกซิเจน แหล่งอาหาร เป็นที่รองรับสิ่งขับถ่าย ควบคุมอุณหภูมิร่างกายของสัตว์น้ำ และเป็นแหล่งสะสมของเชื้อที่ก่อให้เกิดโรคกับสัตว์น้ำ ถ้าน้ำที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีคุณภาพเหมาะสมก็จะทำให้ได้ผลผลิตสัตว์น้ำสูง ตรงกันข้ามถ้าน้ำที่ใช้มีคุณภาพไม่ดีหรือไม่เหมาะสมจะทำให้ได้ผลผลิตต่ำหรือเกิดความสูญเสีย ดังนั้นความรู้ความเข้าใจเรื่องคุณภาพน้ำจะช่วยให้การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำประสพผลสำเร็จ สำหรับการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบประณีต อาจกล่าวได้ว่าน้ำเป็นปัจจัยหลักที่เป็นตัวกำหนดผลผลิตของสัตว์น้ำ คุณภาพน้ำในบ่อระหว่างการเลี้ยงสัตว์น้ำจะได้รับอิทธิพลอย่างมากจากลักษณะการจัดการซึ่งประกอบด้วย ความหนาแน่นของสัตว์น้ำ (stocking density) อัตราการให้อาหาร (feeding rate) เป็นต้น ดังนั้นเพื่อให้การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำประสพผลสำเร็จจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องให้ความสำคัญกับการจัดการคุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การจัดการคุณภาพน้ำหมายถึง ความพยายามที่จะลดข้อจำกัดของคุณภาพน้ำที่มีต่อผลผลิตสัตว์น้ำ โดยกระบวนการทางกายภาพและเคมี เช่น การเติมอากาศ การเปลี่ยนถ่ายน้ำ การใส่ปุ๋ย การใส่ปูนขาว เป็นต้น

2.2 คุณภาพน้ำเบื้องต้น

น้ำ (H2O) เกิดจากการรวมตัวของไฮโดรเจนและออกซิเจนและน้ำที่นำมาใช้สำหรับเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำโดยทั่วไปจะไม่บริสุทธิ์ เนื่องจากน้ำมีคุณสมบัติในการเป็นตัวทำละลายที่ดี ดังนั้นในน้ำจึงมีทั้งสารละลายและสารแขวนลอย โดยสารละลายต่างๆ ในน้ำจะอยู่ในรูปของไอออนที่ละลายน้ำ ทั้งที่อยู่ในรูปของธาตุหรือสารประกอบ ไอออนบวกที่มีอยู่ในน้ำโดยทั่วไปได้แก่ Ca2+ K+ Mg2+ และ Na+ ส่วนไอออนลบ ได้แก่ CaCO3 HCO3- SO42- และ Cl- เป็นต้น สารประกอบที่แตกตัวเป็นไอออนในน้ำทั้งหมดเรียกว่า "เกลือ" เนื่องจากเมื่อน้ำระเหยและสารละลายมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ไอออนที่ละลายน้ำจะรวมตัวกันเกิดเป็นสารประกอบเกลือ ดังนั้นองค์ประกอบของไอออนในน้ำมักจะหมายถึงองค์ประกอบของเกลือที่ละลายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับน้ำบนผิวดินซึ่งเป็นแหล่งน้ำที่สำคัญสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มักจะมีสารอินทรีย์ทั้งละลายและแขวนลอยปะปนอยู่ สารอินทรีย์ในน้ำจะหมายถึงสิ่งมีชีวิตทุกๆ ชนิด สิ่งขับถ่ายของสิ่งมีชีวิตและสารอินทรีย์อื่นๆ การย่อยสลายสารอินทรีย์จะมีผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำ เนื่องจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยสิ่งมีชีวิตจำเป็นต้องใช้ออกซิเจน และเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำลดลง นอกจากเกลือและสารอินทรีย์แล้วน้ำที่นำมาใช้สำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำยังมีแก๊สต่างๆ ละลายปะปนอยู่ด้วย เช่น กรณีของน้ำบาดาลอาจมีแก๊สที่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) หรือมีเทน (CH_4) สำหรับหน่วยที่ใช้ในการวัดปริมาณธาตุ สารประกอบหรือแก๊สต่างๆ ที่ละลายในน้ำ เป็นหน่วยความเข้มข้น ซึ่งมักจะวัดเป็นส่วนในล้านส่วน (ppm) หรือมิลลิกรัม/ลิตร สำหรับกรณีที่ความเข้มข้นน้อยมากก็มักจะรายงานเป็นส่วนในล้านล้านส่วน (ppb) หรือไมโครกรัม/ลิตร แต่ถ้าเป็นกรณีที่มีความเข้มข้นมาก จะรายงานเป็นส่วนในพันส่วน (ppt) หรือกรัม/ลิตร ส่วนสารประกอบมีขั้วจะวัดในรูปของ meq/l สำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

อย่างไรก็ตาม คุณสมบัติบางประการของน้ำเกิดจากลักษณะของแหล่งน้ำ หรือสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติเป็นหลัก ซึ่งจัดเป็นคุณภาพพื้นฐานของน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ในขณะที่คุณสมบัติบางประการเกิดจากการจัดการและมีการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ดังนั้น นักวิชาการด้านเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจึงควรมีความเข้าใจถึงคุณภาพของน้ำทั้งสองส่วน เพื่อเป็นประโยชน์ในการประยุกต์ใช้สำหรับการจัดการคุณภาพน้ำ

2.2.1 อุณหภูมิ

อุณหภูมิ (temperature) ของน้ำมีผลกระทบต่อการกินอาหาร การสืบพันธุ์ ความต้านทานโรค และอัตราเมแทบอลิซึมของสัตว์น้ำ เมื่ออุณหภูมิของน้ำเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ก็อาจเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ สำหรับระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับสัตว์น้ำนั้นแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดตลอดจนวัยของสัตว์น้ำ แต่อย่างไรก็ตามสัตว์น้ำทุกชนิดสามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างช้าๆ ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลได้ดีกว่าการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน โดยทั่วไปเมื่ออุณหภูมิของน้ำมีการเปลี่ยนมากกว่า 1-2 องศาเซลเซียส ภายใน 24 ชั่วโมง จะทำให้สัตว์น้ำเกิดอาการเครียด (stress) แม้จะไม่มีผลทำให้สัตว์น้ำตายทันที แต่ก็จะทำให้สัตว์น้ำอ่อนแอส่งผลให้ความต้านทานโรคลดลง คุณสมบัติที่สำคัญประการหนึ่งของน้ำคือน้ำมีค่าความร้อนจำเพาะ (specific heat) สูง จึงมีความสามารถในการต้านทานการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ หรืออาจกล่าวอีกอย่างหนึ่งว่าน้ำสามารถควบคุมการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในรอบวันและในรอบฤดูกาลให้เป็นไปอย่างช้าๆ การควบคุมอุณหภูมิของน้ำในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำให้เป็นไปตามความต้องการ ทั้งการเพิ่มหรือลดอุณหภูมินั้นทำได้ยากในทางปฏิบัติและสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูง แต่การป้องกันการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำอย่างฉับพลัน สามารถทำได้โดยการรักษาระดับน้ำไม่ให้ต่ำกว่า 1 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากอุณหภูมิของน้ำจะมีผลต่อสัตว์น้ำโดยตรงและโดยทางอ้อมแล้วอุณหภูมิยังเป็นปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติทางเคมีและไฟฟ้าบางประการของน้ำ เช่น อุณหภูมิมีอิทธิพลกับการละลายของออกซิเจนและสัดส่วนของแอมโมเนียในรูป NH_3 และ NH_4^+ ดังนั้นการตรวจสอบคุณภาพของน้ำหลายประการ จำเป็นต้องมีการปรับอุณหภูมิ หรือบันทึกอุณหภูมิของน้ำ ณ เวลาที่มีการสุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบ และเพื่อการแปลผลข้อมูลที่ถูกต้อง

2.2.2 พีเอช (pH) แสดงความเป็นกรดหรือเบสของน้ำ

ความเป็นกรดเป็นด่าง เป็นการวัดปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนที่มีอยู่ในน้ำเพื่อเป็นเครื่องแสดงให้เราทราบว่า น้ำหรือสารละลายมีคุณสมบัติเป็นกรดเป็นด่าง ในการทำปฏิกิริยาต่างๆ ระดับความเป็นกรดด่างมีค่าอยู่ระหว่าง 0-14 โดย 7 เป็นจุดกึ่งกลางหากต่ำกว่า 7 มีค่าเป็นกรด หากสูงกว่าเป็นด่าง ค่า pH ในแหล่งน้ำธรรมชาติโดยทั่วไปขึ้นอยู่กับภูมิประเทศ สิ่งแวดล้อมหลายประการ เช่น ลักษณะพื้นดินและหิน ตลอดจนการใช้ที่ดินบริเวณแหล่งนั้น และอิทธิพลของสิ่งมีชีวิตในน้ำ เช่น จุลินทรีย์และแพลงก์ตอนพืช pH ของน้ำมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของพืชและสัตว์ในแหล่งน้ำ พืชน้ำสามารถใช้ธาตุอาหารได้ดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับค่า pH ของน้ำ หากระดับ pH ต่ำกว่า 4.5 พืชน้ำเจริญเติบโตได้ไม่ดีขณะเดียวกันหากค่า pH ต่ำหรือสูงเกินไปก็ไม่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ จึงมีผู้แนะนำช่วง pH ที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำดังนี้

- pH 4.0 หรือต่ำกว่า = เป็นจุดอันตรายทำให้ปลาตายได้
- pH 4.0-6.0 = ปลาบางชนิดอาจไม่ตาย แต่ผลผลิตจะต่ำคือ การเจริญเติบโตช้าการสืบพันธุ์หยุดชะงัก
- pH 6.5-9.0 = ระดับที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ
- pH 9.0-11.0 = ไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำหากต้องอาศัยอยู่เป็นเวลานาน
- pH 11 หรือมากกว่า = เป็นพิษต่อปลา

ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจะมีค่า pH เปลี่ยนแปลงในช่วงตอนกลางวันและกลางคืนสืบเนื่องจากแพลงก์ตอนพืชและพืชน้ำใช้คาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อทำการสังเคราะห์แสงในตอนกลางวัน ทำให้ค่า pH สูงและจะค่อยๆลดตอนกลางคืนเนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์ถูกปล่อยคืนกลับมาจากการหายใจของสิ่งมีชีวิตในน้ำ น้ำที่มีค่าความเป็นด่าง (Alkalinity) ต่ำจะมีปริมาณแพลงก์ตอนพืชมาก pH จะสูง 9-10 ในช่วงบ่าย ดังนั้นการเช็คค่า pH ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำควรเช็คในเวลาเช้ามืดและช่วงบ่าย เพื่อได้ทราบค่า pH ต่ำสุดและสูงสุดในรอบวันเพื่อที่จะป้องกันแก้ไขได้ทัน กรณีค่า pH สูง 9-10 หากเกิดขึ้นช่วงระยะเวลาสั้นๆจะไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ และแหล่งน้ำที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงไม่ควรมีค่า pH เปลี่ยนแปลงเกิน 2 หน่วยในรอบวัน ค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

pH นอกจากมีผลต่อสัตว์น้ำโดยตรงแล้วยังมีผลทางอ้อมเช่น ทำให้สารพิษชนิดอื่นๆแตกตัวเพิ่มขึ้นหรือลดลง เช่น pH ระดับสูงขึ้นทำให้ความเป็นพิษของแอมโมเนียเพิ่มมากขึ้น การแทรกซึมของสารพิษบางชนิดเข้าสู่ร่างกายสัตว์น้ำขึ้นอยู่กับค่า pH ของสารละลายนั้นๆ นอกจากนี้การใส่ปุ๋ยในบ่อปลาหากปรากฏว่าน้ำหรือดินในบ่อที่มีสภาพเป็นกรดมากเกินไป จะต้องปรับปรุงค่า pH สูงขึ้นจนอยู่ในระดับที่เหมาะสมเสียก่อนจึงใส่ปุ๋ย เพื่อที่จะให้ปุ๋ยสามารถละลายและถูกนำไปใช้โดยสิ่งมีชีวิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.2.3 ความเค็ม (Salinity)

ความเค็มของน้ำ หมายถึง ปริมาณของแข็ง (Solid) หรือเกลือแร่ต่าง ๆ โดยเฉพาะโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ที่ละลายอยู่ในน้ำ โดยนิยมคิดเป็นหน่วยน้ำหนักของสารดังกล่าวเป็นกรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหรือส่วนในพัน (Part Per Thousand , ppt) ทั้งนี้หลังจากที่พวกเกลือ คาร์บอเนต (Carbonate) ถูกเปลี่ยนเป็น Oxides และพวกเกลือโบไมด์ (Bromide) และไอโอไดด์ (Iodide) ถูกแทนที่โดยคลอไรด์ (Chloride) และอินทรีย์วัตถุ (Organic Matter) ถูกออกซิไดสไปทั้งหมดความเค็มของน้ำจะมีค่าแตกต่างกันไปแล้วแต่สถานที่และประเภทของดิน สำหรับน้ำจืดมีค่าความเค็มประมาณศูนย์ ส่วนน้ำทะเลมีค่าความเค็มโดยเฉลี่ยประมาณ 35 ส่วนในพันในด้านการประมง ได้มีผู้แบ่งประเภทของน้ำออกตามระดับความเค็มดังนี้ คือ

-น้ำจืด (Fresh Water) มีความเค็มระหว่าง 0.0.5 ส่วนในพัน

-น้ำกร่อย (Brackish Water) มีความเค็มระหว่าง 0.5-30.0 ส่วนในพัน

-น้ำเค็ม (Sea Water) มีค่าความเค็มมากกว่า 30 ส่วนในพันขึ้นไป

ความเค็มของน้ำมีผลต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ โดยเฉพาะระบบการควบคุมปริมาณน้ำในร่างกาย (Water Regulatory System) ซึ่งมีผลมาจากความแตกต่างของแรงดัน Osmotic ระหว่างภายในตัวสัตว์น้ำและภายนอก สัตว์น้ำจืดจะมีแรงดัน Osmotic ภายในตัวสูงกว่าน้ำที่อยู่ภายนอก ดังนั้น น้ำภายนอกจึงสามารถแทรกซึมเข้าสู่ร่างกายได้ง่าย สัตว์น้ำจืดจึงต้องพยายามจัดเอาน้ำส่วนเกินเหล่านี้ออกไป ในทางตรงกันข้าม สัตว์น้ำเค็มที่อาศัยอยู่ในทะเลจะมีแรงดัน Osmotic ต่ำกว่า น้ำทะเล ดังนั้น น้ำภายในตัวก็จะออกนอกร่างกายได้ง่าย สัตว์ทะเลจึงต้องพยายามเก็บรักษาปริมาณน้ำไว้ให้มาก สำหรับสัตว์น้ำบางชนิดโดยเฉพาะสัตว์น้ำกร่อยที่อาศัยอยู่บริเวณที่มีการ เปลี่ยนแปลงความเค็มไว้มาก จะมีความสามารถในการปรับตัวและทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของแรงดัน Osmotic ดังกล่าวได้ดี อย่างไรก็ตามสัตว์น้ำ ทั่วไปสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพความเค็มของน้ำที่เปลี่ยนแปลงได้ แต่ทั้งนี้ต้องค่อยๆ เป็นไปอย่างช้าๆ โดยปกติสัตว์น้ำจืดจะมีเลือดที่มีความเข้มข้นสูงกว่าน้ำภายออกประมาณ 6 เท่าของแรงดัน Osmotic หรือเท่ากับความเข้มข้นประมาณ 7 ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในพันของเกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ดังนั้น สัตว์น้ำจืดโดยทั่วไปจะสามารถอยู่ในน้ำที่มีความเค็มประมาณ 7 pptได้ และบางชนิดจะอาศัยอยู่ในน้ำที่มีความเค็มสูงกว่านี้ได้ แต่ต้องให้เปลี่ยนแปลง ทีละน้อยดังที่กล่าวมาแล้ว ปัจจุบันเริ่มนิยมเลี้ยงปลานิลซึ่งเป็นปลาน้ำจืด ความเค็มระหว่าง 5-10 ppt ในน้ำกร่อย และการเลี้ยงปลากะพงขาวและกุ้งทะเลในน้ำจืดที่มีความเค็มน้อย ในเชิงพาณิชย์มากขึ้น

2.2.4 ออกซิเจนที่ละลายน้ำ

2.2.4.1 ความสามารถในการละลายน้ำของออกซิเจน

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (dissolved oxygen, DO) เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากในการเลี้ยงสัตว์น้ำโดยเฉพาะแบบประณีต จนอาจกล่าวได้ว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ เป็นตัวกำหนดความสำเร็จในการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบดังกล่าว ปริมาณออกซิเจนส่วนใหญ่ที่ละลายอยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติ หรือในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำที่ไม่มีการเติมอากาศ จะมาจากการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำ ซึ่งหมายถึงแพลงก์ตอนพืชเป็นหลัก (ประมาณ 90-95 เปอร์เซ็นต์) และอีกส่วนหนึ่งซึ่งมีปริมาณน้อยกว่า ส่วนแรก จะได้มาจากการละลายของออกซิเจนจากอากาศ สำหรับการสูญเสียออกซิเจนไปจากแหล่งน้ำหรือบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ ส่วนใหญ่จะเกิดจากการหายใจของสิ่งมีชีวิตในน้ำ ซึ่งรวมทั้งพืชและสัตว์น้ำ แม้สัดส่วนของแก๊สออกซิเจนในอากาศจะมีถึง 20.95 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร ซึ่งค่อนข้างสูงแต่อย่างไรก็ตาม แก๊สออกซิเจนมีความสามารถในการละลายน้ำค่อนข้างต่ำ ประกอบกับน้ำเป็นของเหลวที่มีความหนืดและแรงตึงผิวสูง ทำให้การแพร่ของอากาศเข้าและออกจากน้ำเป็นไปได้ยาก โดยความสามารถในการละลายของออกซิเจนในน้ำบริสุทธิ์ จะสูงที่สุดที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส และความสามารถในการละลายจะลดลง เมื่ออุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ความสามารถในการละลายน้ำของแก๊สออกซิเจนยังขึ้นอยู่กับค่าความดันบรรยากาศ (atmospheric pressure)ด้วย

2.3 งานวิจัย และชิ้นงานที่เกี่ยวข้อง

2.3.1. ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำและแสดงแผนที่อัตโนมัติ

ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำและแสดงแผนที่อัตโนมัติระดับความเป็นกรด-ด่าง หรือค่า พีเอช เป็นหนึ่งในค่าพื้นฐานที่ใช้ตรวจวัดและควบคุมคุณภาพน้ำ ไม่ว่าจะเป็น แหล่งน้ำธรรมชาติ น้ำเสียจากอุตสาหกรรม แหล่งน้ำเพื่อการเกษตร น้ำในการเลี้ยงเพาะพันธุ์สัตว์น้ำ ศูนย์เทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์ หรือทีเมค มีความสามารถในการสร้างเซ็นเซอร์ที่วัดค่าทางกายภาพและเคมี ต่างๆ ที่สำคัญ หนึ่งในเซ็นเซอร์เหล่านั้นนั้นเรียกว่า Ion Sensitive Field Effect Transistor หรือเรียกย่อว่า “ISFET” ISFETนี้เป็นเซ็นเซอร์ที่พัฒนาจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ จึงสามารถควบคุมและเก็บข้อมูลผ่านทางสมองกลอัจฉริยะและระบบคอมพิวเตอร์ได้ ฉะนั้นประโยชน์ที่จะได้รับนั้นมีนานัปการ เช่นการแสดงผลการวัดค่าพีเอชตามสถานีวัดคุณภาพน้ำ จากที่ใดๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ณ เวลาใดๆ หรือที่เรียกกันว่า"on-demand" นั่นเอง โดยดูผลผ่านหน้าอินเตอร์เน็ต หรือ สมาร์ทโฟน(smart phone) ทีเมคมีความตั้งใจที่จะสร้างระบบวัดน้ำและแสดงแผนที่คุณภาพน้ำแบบอัตโนมัติบนแผนที่ภาพถ่ายดาวเทียม (Google Earth) โดย มีค่าพีเอชเป็นหนึ่งในตัวนำร่องในการวัดค่าคุณภาพน้ำ และสร้างระบบพื้นฐานนี้เพื่อรองรับเซ็นเซอร์ที่สำคัญอื่นๆ ทั้งที่มีการทำต้นแบบในทีเมคและใน สวทช เช่น อุณหภูมิ ความขุ่น ค่าการละลายของออกซิเจนในน้ำ (ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ) ค่าไนเตรท ค่าไนไตรท์ ค่าแอมโมเนีย ค่าโลหะหนัก ต่างๆ เราได้มีการสำรวจความต้องการของส่วนงานที่เกี่ยวข้องกับการดูแลน้ำเสียโรงงาน ผู้ประกอบกิจการและผู้เกี่ยวข้องกับการเลี้ยงกุ้ง นักวิจัยทางด้านสัตว์น้ำ โดยทุกๆ ส่วนต่างเห็นว่าระบบ นี้จะมีประโยชน์เป็นอย่างยิ่งในการทำงาน ทั้งนี้ทีเมคได้วิเคราะห์การตลาดและเห็นโอกาสทางธุรกิจที่จะสร้างระบบที่ตรง กับความต้องการในแต่ละอุตสาหกรรมที่กล่าวมา[2] โดยมีข้อได้เปรียบในการมีเทคโนโลยีการผลิตเซ็นเซอร์อิเล็กทรอนิกส์เพียงแห่งเดียวในประเทศด้วยราคาที่ต่ำกว่าในตลาดถึง 5 เท่าบวกกับนวัตกรรมที่จะทำให้การใช้งานสะดวก โดยอาศัยระบบสมองกลอัจฉริยะ เทคโนโลยีไร้สายและ อินเตอร์เน็ตให้ตรงกับความต้องการของตลาดในอุตสาหกรรมต่างๆ ที่กล่าวมา

2.3.2. สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ

สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำเป็นระบบที่ใช้ตรวจวัดแบบอัตโนมัติควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เคลื่อนย้ายได้ง่าย รับ-ส่งข้อมูลและสั่งงานควบคุมการทำงานจากศูนย์กลางผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ควบคุมระยะไกล สามารถตั้งเวลาการทำงานได้ มีระบบล้างและเก็บหัววัดในน้ำสะอาด เพื่อให้เกิดความแม่นยำในการวัด ลดค่าใช้จ่ายในการส่งคนไปดูแลและบำรุงรักษา สามารถตรวจวัดคุณภาพน้ำได้ 4 ชนิดคือ อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ การนำไฟฟ้าของน้ำ สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำอัตโนมัติจะถูกนำไปติดตั้งไว้ตามแหล่งน้ำต่างๆ ที่ต้องการตรวจวัดคุณภาพน้ำ[3] ปัจจุบันได้มีการเพิ่มระบบไฟสัญญาณเฝ้าระวังภัยและเพิ่มการแจ้งเตือนผ่าน ข้อความผ่านมือถือให้กับสถานีวัดอัตโนมัติขนาดเล็ก

2.3.3. โครงการจัดทำสถานีเฝ้าระวังคุณภาพน้ำโดยระบบโทรมาตร แบบทุ่นลอยในคลองสารภี จังหวัดปราจีนบุรี

สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำด้วยระบบโทรมาตรแบบทุ่นลอย มีกาส่งข้อมูลแบบเวลาจริง (real time) ผ่านระบบจีพีอาร์เอส(GPRS) เข้าระบบอินเตอร์เน็ต จัดทำขึ้นเพื่อเฝ้าระวังสถานการณ์คุณภาพน้ำบริเวณคลองสารภี จ.ปราจีนบุรี ซึ่งเป็นพื้นที่ประสบปัญหาคุณภาพน้ำเสื่อมโทรมบ่อยครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบโทรมาตรวัดคุณภาพน้ำอัตโนมัติประกอบด้วย 2 องค์ประกอบ คือ โมดูลตรวจสอบคุณภาพน้ำ(water quality module) และ โมดูลจีพีอาร์เอส(GPRS module) ซึ่งต้องมีการพัฒนาวงจรควบคุมการทำงานต่างๆ ได้แก่

1) วงจรฝังตัวเชื่อมต่อรับข้อมูลแบบ แอสกี(ASCII) จากอุปกรณ์ตรวจวัดคุณภาพน้ำแบบเวลาจริง

2) วงจรแสดงผลการเชื่อมต่อและรับข้อมูล

3) วงจรกำหนดคาบเวลาการประมวลผลและส่งข้อมูล

4) วงจรเชื่อมต่อและวงจรส่งข้อมูลเข้าเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ด้วยระบบจีพีอาร์เอส

5) วงจรจ่ายไฟฟ้าควบคุมแรงดันและการเก็บประจุจากแสงอาทิตย์

6) การพัฒนาชุดคำสั่งการส่งข้อมูลการตรวจวัดผ่านระบบจีพีอาร์เอส

อุปกรณ์ชุดหัววัดคุณภาพน้ำที่นำมาใช้กับระบบโทรมาตรตรวจวัดคุณภาพน้ำแบบอัตโนมัติประกอบด้วย 3 ส่วน[8] สำคัญคือ การนำมารวมกันของเซ็นเซอร์วัดออกซิเจนละลายน้ำและเซ็นเซอร์วัดพีเอชและพีเอช/ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ/เครื่องมือวัดค่าการนำไฟฟ้าสามารถตรวจวัดคุณภาพน้ำ (ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ความนำไฟฟ้า ความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิของน้ำ) และรายงานผลได้ตามเวลาจริง (กำหนดไว้ทุก 15 นาที) ส่งข้อมูลผ่านระบบจีพีอาร์เอส

ผลการดำเนินงานของสถานีวัดคุณภาพน้ำแบบอัตโนมัติ ภายหลังนำไปติดตั้งในพื้นที่คลองสารภี พบว่า สามารถทำงานได้เป็นอย่างดี โดยสถานีที่ 1 และ 2 สามารถส่งข้อมูลเข้าเครื่องบันทึกข้อมูลได้77.27 และ 88.51เปอร์เซ็นต์ จากจำนวนข้อมูลที่ควรได้รับทั้งหมด 10,080 ข้อมูล นอกจากนี้ ต้องทำความสะอาดขั้วไฟฟ้าตลอดจนการปรับเทียบค่าการทดสอบเป็นระยะเพื่อความถูกต้องของผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำ แต่ทั้งนี้เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าปริมาณออกซิเจนละลายที่ตรวจวัดได้กับวิธีมาตรฐานการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ พบว่าค่าที่รายงานจากสถานีวัดคุณภาพน้ำแบบอัตโนมัติค่าต่ำกว่า สาเหตุอาจเนื่องจากสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำแบบอัตโนมัตินั้นสามารถตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ได้โดยตรงจากแหล่งน้ำ แต่การวิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐาน จำเป็นต้องเก็บตัวอย่างน้ำขึ้นมาทำการวิเคราะห์ อาจทำให้เกิดการเติมอากาศให้แก่ตัวอย่างน้ำได้จากกระบวนการเก็บตัวอย่างน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4. โครงการจัดทำสถานีตรวจวัดคุณสมบัติของดินและน้ำ แบบอัตโนมัติผ่านระบบไร้สาย

โครงการจัดทำสถานีตรวจวัดคุณสมบัติของดินและน้ำแบบอัตโนมัติผ่านระบบไร้สาย ประกอบด้วย สถานีตรวจวัดคุณภาพของน้ำ 1 แห่ง และตรวจวัดความชื้นในดิน 4 แห่ง ตั้งอยู่ริมคลองระบาย ร.5 ขวา 1 ซ้าย (ท่าเรือ-บางพระ) มีต้นคลองอยู่ในเขตจังหวัดกาญจนบุรีได้รับน้ำจากแม่น้ำแม่กลองและไหลผ่านอำเภอกำแพงแสนแล้วไหลลงแม่น้ำท่าจีนบริเวณอำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม คลองระบายมีการเน่าเสียจากน้ำทิ้งที่ปล่อยออกจากฟาร์มเลี้ยงสุกรและน้ำทิ้งชุมชน ผลการจัดทำสถานีตรวจวัดคุณสมบัติของดินและน้ำพบว่า สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำสามารถตรวจวัดค่าความเป็นกรดด่าง ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ (ปริมาณเกลือ) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ และอุณหภูมิของน้ำ แล้วนำไปเก็บในหน่วยความจำของอุปกรณ์เก็บข้อมูลโดยบันทึกกำกับวัน เดือน ปี และเวลาไว้ทุกช่วงวัด สามารถอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำจากสำนักวิจัยและพัฒนาได้โดยตรงผ่านระบบจีพีอาร์เอส และสามารถอ่านข้อมูลคุณภาพน้ำแบบตามแบบเวลาจริงได้ ส่วนสถานีตรวจวัดความชื้นในดินสามารถตรวจวัดความชื้นในช่วง 0-100% โดยปริมาตรและสามารถอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำของสถานีตรวจวัดความชื้นจากสำนักวิจัยและพัฒนาได้โดยตรงผ่านระบบจีพีอาร์เอส ซึ่งสามารถอ่านข้อมูลความชื้นในดินแบบตามเวลาจริงได้

การจัดเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำและความชื้นในดินสามารถตั้งเวลาในการจัดเก็บได้ตั้งแต่ 1 วินาที จนถึง 18 ชั่วโมงตามความเหมาะสมผ่านคอมพิวเตอร์

การปรับเทียบเครื่องมือวัดให้ได้มาตรฐาน(calibrate) หัววัดค่าความเป็นกรดด่างของน้ำใช้สารละลายมาตรฐานบัฟเฟอร์[5] พีเอช 4.01, 7.0 และ 10 สำหรับหัววัดค่าการนำไฟฟ้าใช้สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมคลอไรด์ ส่วนหัววัดค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำจะวัดค่าให้เป็นศูนย์ในน้ำที่ดึงเอาออกซิเจนออกให้หมดโดยใช้สารเคมีที่เหมาะสม และตั้งค่าให้เป็น 100 % โดยใช้น้ำที่ทำให้อิ่มตัวด้วยออกซิเจน มีการไหลเวียนวัดค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ และวัดค่าความดันอากาศในขณะที่วัดค่า สำหรับหัววัดอุณหภูมิจะมีการวัดค่าโดยใช้อุณหภูมิในช่วง 4-50 องศาเซลเซียส

2.3.5. เครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำแบบทุ่นลอย

เครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำแบบทุ่นลอยเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่สามารถตรวจวัดคุณภาพน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ อุณหภูมิ และพีเอชได้ตามระดับความลึกแบบเรียวทามหรือเวลาปัจจุบัน และแสดงผลผ่านทางคอมพิวเตอร์ด้วยระบบไร้สาย โดยใช้แหล่งพลังงานจากธรรมชาติ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูล ของคุณภาพน้ำที่ดีและมีความแม่นยำ สามารถนำไปใช้จัดการคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นายอนุชา คงแก้ว กล่าวถึงวิธีการทำงานของเครื่องวัดคุณภาพน้ำว่า เมื่อเริ่มการทำงาน เซ็นเซอร์ทั้ง 3 ตัว จะตรวจสอบคุณภาพภายในน้ำแล้วส่งไปยังตัวประมวลผลหรือไมโครคอนโทลเลอร์ ซึ่งจะประมวลค่าคุณภาพน้ำว่า ปกติ หรือไม่ปกติ ถ้าปกติก็จะทำการบันทึกผลข้อมูลลงฐานข้อมูล และส่งข้อมูลผ่านระบบไร้สายไปยังเครื่องลูกข่ายต่อไป

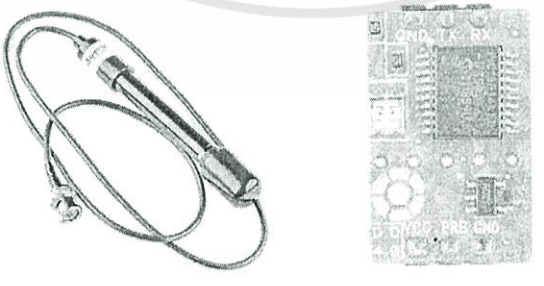
หากคุณภาพน้ำไม่ปกติ ก็จะบันทึกลงฐานข้อมูลเหมือนกันแต่ก่อนที่จะส่งข้อมูลผ่านระบบไร้สายไปยังเครื่องลูกข่ายนั้น จะทำการส่งข้อความสั้นผ่านเอสเอ็มเอสไปยังโทรศัพท์มือถือผู้ดูแลเพื่อรายงานก่อนจะส่งข้อมูลที่ไม่ปกตินั้นผ่านระบบไร้สายไปยังเครื่องลูกข่าย แล้วย้อนกลับไปเริ่มต้นการทำงานที่เซ็นเซอร์ทั้ง 3 ตัว เพื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำ ต่อไป

ด้านนายนพดล บำเพ็ญ กล่าวว่า การนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้กับเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำที่คิดค้นขึ้น เนื่องจากการนำพลังงานไฟฟ้ามาใช้จะส่งผลให้พลังงานหมดไป จึงคิดประดิษฐ์อุปกรณ์ที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ เพราะไทยเป็นประเทศเขตร้อนมีพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างมาก สามารถใช้ได้ตลอดทั้งปี[6] ขณะที่ในเวลากลางคืนที่ไม่มีแสงตัวทุ่นลอยก็ทำงานได้ปกติเพราะมีแบตเตอรี่สำรองที่ได้พลังงานจากแผงโซล่าเซลล์ที่ได้กักเก็บพลังงานไว้ตั้งแต่ช่วงเวลากลางวัน โดยแบตเตอรี่นั้นก็สามารถที่จะใช้งานได้ตลอดทั้งคืน ซึ่งเป็นทางเลือกในการช่วยเหลือเกษตรกรด้านการเพาะเลี้ยงได้เป็นอย่างดี

สำหรับเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำแบบทุ่นลอยในบ่อเลี้ยงปลาสามารถเคลื่อนที่อัตโนมัติในแนวดิ่งได้ และหลังจากได้ทำการทดลองพบว่า สามารถช่วยเกษตรกรหรือผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ในการประหยัดเวลา ประหยัดคน และประหยัดงบประมาณในการจ้างคนมาดูแลและมีความสะดวกสบายในการทำงานมากขึ้น

2.4 เครื่องมือวัดที่เกี่ยวข้อง

2.4.1 เครื่องมือวัดออกซิเจนในน้ำ Dissolved Oxygen Kit



รูปที่ 2.1 เครื่องมือวัดออกซิเจนในน้ำ Dissolved Oxygen Kit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องมือวัดออกซิเจนในน้ำ Dissolved Oxygen Kit เป็นชุดเซ็นเซอร์ตรวจจับความเข้มข้นของออกซิเจน(Oxygen) ในน้ำว่ามีปริมาณมากหรือน้อย ดังแสดงในรูปที่ 2.1 โดยเซ็นเซอร์จะมีการตรวจวัดค่าแล้วทำการประมวลผล ผู้ใช้งานสามารถเก็บค่าที่วัดได้ไปใช้งาน โดยอินเตอร์เฟซ(Interface)กับโมดูลผ่านทางพอร์ตอนุกรม(UART) เพียงส่งคำสั่งไปที่โมดูลก็จะได้ข้อมูลตามต้องการ

การดูแลรักษาโพรบของออกซิเจนในน้ำ คือเมื่อใช้งานเสร็จแล้วให้นำมาล้างน้ำกลั่นให้สะอาด แล้วทำการซับน้ำด้วยกระดาษทิชชู่ให้แห้ง จากนั้นทำการปิดโพรบด้วยฝาปิด

การตรวจสอบโพรบของออกซิเจนในน้ำ ถ้าโพรบของออกซิเจนในน้ำไม่มีการอ่านค่าขึ้นหน้าจอแอลซีดี จะแสดงให้ทราบว่าโพรบมีการชำรุดหรือต้องการเปรียบเทียบตรวจสอบกับน้ำยาเปรียบเทียบ(Calibration) โพรบของออกซิเจนในน้ำ ซึ่งทางบริษัทจะให้มา ถ้าเมื่อทำการตรวจสอบเปรียบเทียบแล้วค่าออกซิเจนในน้ำยังไม่แสดงทางหน้าจอแอลซีดี ให้ทำการขยับโพรบของออกซิเจนในน้ำ เนื่องจากสายอาจจะหลวม แต่ถ้ายังไม่หายให้ส่งคืนบริษัท

2.4.2 ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen)

ออกซิเจน เป็นก๊าซที่มีความสำคัญมากต่อสิ่งมีชีวิตแทบทุกชนิด เพราะต้องถูกนำไปใช้ในขบวนการต่างๆ เพื่อก่อให้เกิดพลังงาน ขบวนการต่างๆ ที่ต้องใช้ออกซิเจนเรียกว่า Aerobic process ก๊าซออกซิเจนเป็นก๊าซที่ละลายน้ำได้น้อยมาก ในน้ำบริสุทธิ์ที่มีอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส จะมีออกซิเจนอยู่เพียง 8.84 มิลลิลิตร/ลิตร ออกซิเจนสามารถละลายน้ำได้ดีขึ้นตามความดันของอากาศที่เพิ่มขึ้น ในสภาพความดัน 1 บรรยากาศเมื่อความดันบรรยากาศเปลี่ยนแปลงไป ความสามารถในการละลายน้ำก็เปลี่ยนแปลงไปด้วย กล่าวคือ ถ้าระดับความสูงเพิ่มขึ้นอัตราการละลายน้ำของออกซิเจนจะลดลง และเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นออกซิเจนจะละลายน้ำได้น้อยลง ที่อุณหภูมิระหว่าง 20 และ 35 องศาเซลเซียส ออกซิเจนละลายน้ำได้น้อยลง 0.008 มิลลิลิตร/ลิตร เมื่อน้ำมีความเค็มสูงขึ้นทุกๆ 210 มิลลิลิตร/ลิตร ในฤดูร้อนปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำน้อยลงเพราะว่ามีอุณหภูมิสูงขณะเดียวกันที่การย่อยสลายและปฏิกิริยาต่างๆ จะเพิ่มมากขึ้น ทำให้เกิดสภาพการขาดแคลนออกซิเจนในน้ำได้ ทำให้เกิดการเน่าเหม็นของน้ำในทางตรงกันข้ามบางครั้งแหล่งน้ำอาจปรากฏว่ามีออกซิเจนเกินจุดอิ่มตัว (super saturated) เนื่องจากมีการผลิตออกซิเจนขึ้นมากเช่นการมีพืชสีเขียวในน้ำมากเกินไป ทำให้เกิดสภาพความเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วก็เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำก็เช่นกัน

ออกซิเจนมีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ดังนั้นการควบคุมและป้องกันไม่ให้ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำลดลงจนอยู่ในระดับที่จะเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ จึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อคุ้มครองให้สัตว์น้ำสามารถอาศัยอยู่ได้เป็นปกติ การวัดค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำ(ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ) เป็นการวัดที่สำคัญมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการศึกษาสภาพแวดล้อมของน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีผลมาจากปฏิกิริยาทางชีวภาพและชีวเคมีที่เกิดขึ้นซึ่งค่าออกซิเจนในน้ำ เป็นปัจจัยที่สำคัญที่บ่งชี้ให้ทราบว่าแหล่งน้ำนั้นสามารถรองรับสารอินทรีย์ได้มากน้อยเพียงใดโดยไม่ทำให้เกิดผลกระทบทางลบขึ้นในแหล่งน้ำนอกจากนี้ในการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของออกซิเจนในน้ำ ถือว่าเป็นพื้นฐานเพื่อการหาค่าปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสารอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายได้ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน(Biochemical Oxygen Demand, BOD) ซึ่งเป็นค่าที่บ่งชี้การเกิดปัญหามลพิษของแหล่งน้ำ โดยทั่วไปนั้นความเข้มข้นของออกซิเจนในน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำคือ 5 มิลลิลิตร/ลิตร และถ้าค่าออกซิเจนในน้ำมีค่าต่ำกว่า 3 มิลลิลิตร/ลิตร จะเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ วิธีการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของค่าออกซิเจนในน้ำ ทำได้หลายวิธีแต่วิธีที่นิยมใช้กันมากคือ Azide modification ซึ่งทำให้น้ำตัวอย่างเป็นด่างแก่ด้วยalkaliiodide-azide แล้วเติม manganous ion (Mn^{2+}) ลงไป Mn^{2+} นี้จะจับกับโมเลกุลของออกซิเจนกลายเป็น manganous dioxide ซึ่งเป็นตะกอนสีน้ำตาล สามารถแสดงปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นได้ด้วยสมการเคมีต่อไปนี้

$$Mn^{2+} + 2OH + O_2 \longrightarrow MnO_2 + H_2O$$

เมื่อเติมกรดลงไปละลายตะกอน จะเกิดปฏิกิริยา Oxidation ตามสมการเคมีต่อไป

$$MnO_2 + 2I^- + 4H^+ \longrightarrow Mn^{2+} + I_2 + 2H_2O$$

ไอโอดีน (I_2) ที่เกิดเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณออกซิเจนที่มีในน้ำตอนเริ่มต้น สามารถหาปริมาณ I_2 ในน้ำได้โดยไตเตรทกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟต(Sodium thiosulfate) โดยใช้น้ำแป้งเป็นอินดิเคเตอร์

บทบาท/ความสำคัญของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ

ออกซิเจน เป็นสิ่งจำเป็นในการย่อยสลายอาหารให้เป็นพลังงานโดยผ่านการหายใจ นอกจากนี้ยังจำเป็นต่อการย่อยสลายอินทรีย์สารและปล่อยสารอาหารออกมาเป็นประโยชน์ในการสร้างอาหารธรรมชาติ เช่น แพลงก์ตอนในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำออกซิเจนเป็นสิ่งทีสำคัญมากเพราะสัตว์น้ำต้องการออกซิเจนในระดับที่สูง คือไม่ควรต่ำกว่า 3 มิลลิลิตร/ลิตร ส่วนปลาที่อยู่ในธรรมชาติ เช่น ลำธารควรมีออกซิเจนไม่น้อยกว่า 5 มิลลิลิตร/ลิตร การขาดออกซิเจนในน้ำมักมีสาเหตุมาจากแพลงก์ตอนพืชตายหรือลดจำนวนลง อาจเนื่องจากไม่มีแดดติดต่อกันหลายวัน น้ำขุ่นเพราะตะกอนดิน ขาดแร่ธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญของแพลงก์ตอนพืช มีการใช้สารเคมีที่เป็นพิษต่อแพลงก์ตอนพืช หรือเกิดจากการเจริญอย่างรวดเร็วของแพลงก์ตอนพืชจากการที่แหล่งน้ำมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธาตุอาหารมากเกินไป หรือมีการใส่ปุ๋ยในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำมากเกินควร หรือเพราะมีการปล่อยปลาในบ่อเลี้ยงหนาแน่นเกิน

ในการเพาะเลี้ยงน้ำพบว่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่ 5.0 มิลลิลิตร/ลิตร ขึ้นไปจะเหมาะสมแก่การเติบโตของสัตว์น้ำ ระหว่าง 1.0-4.0 สัตว์น้ำจะพออยู่ได้ แต่การเติบโตจะไม่ดีนัก และถ้าน้อยกว่า 1.0 ลงมาจะเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ

ดังนั้นจึงมีการวิเคราะห์ [7] ในห้องปฏิบัติการ เพื่อหาออกซิเจนในน้ำ ว่ามีปริมาณเหมาะแก่การอาศัยของสัตว์น้ำหรือไม่ โดยวิธีการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

1. ใช้กระบอกเก็บน้ำ เก็บน้ำตามระดับที่ต้องการ
2. ถ่ายน้ำลงในขวดBOD (300มิลลิลิตร)ทันที โดยจุ่มสายยางให้ไหลตามข้างขวดช้าๆ และปล่อยให้น้ำล้นเพื่อไล่ฟองอากาศออกให้หมด ให้ปลายสายยางจมอยู่ใต้ผิวน้ำตลอดเวลา
3. ระวังอย่าให้เกิดฟองอากาศ ไม่ต้องปิดฝา
4. ใช้ปิเปตดูด$MnSO_2$ 1 มิลลิลิตร ค่อยๆปล่อยลงในขวด โดยจุ่มปลายปิเปตใต้ผิวน้ำ แล้วเติม Alkali-Iodide-Azide reagent 1 มิลลิลิตร โดยวิธีเดียวกันค่อยๆ ปิดฝาอย่าให้เกิดฟองอากาศ เขย่าให้เข้ากัน
5. ปล่อยให้ตะกอนตกเหลือประมาณ 1 ใน 3 ของขวด
6. เติม H_2SO_4 1 มิลลิลิตร โดยจุ่มปิเปตใต้ผิวน้ำ ระวังไม่ให้เกิดฟองอากาศ ปิดฝาแล้วเขย่า จนตะกอนละลายหมด
7. ตวงตัวอย่างมา 20 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่(เป็นตัวอย่างน้ำ 200 มิลลิลิตร รวมกับ $MnSO_2$ และ Alkali-iodide-azide reagent อย่างละ 1 มล. 203*300/(300-2)=201 มิลลิลิตร)
8. ไตเตรทตัวอย่างน้ำด้วยโซเดียมไตรฟอสเฟสมาตรฐาน จนได้เป็นสีเหลืองจางๆ
9. เติมน้ำแป้ง 2 หยด ซึ่งจะทำให้ตัวอย่างเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน แล้วไตเตรทต่อจนถึงจุดยุติ(end point) ซึ่งเป็นจุดที่สีน้ำเงินจางหายไป ซึ่งถ้าตั้งทิ้งไว้ 10-20 วินาที สีน้ำเงินจะกลับคืนมา ถ้าสีไม่กลับคืนแสดงว่าเลยจุดยุติ จดปริมาตรที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

10. คำนวณปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลลิลิตรO_2/ลิตร.)=ปริมาณมิลลิลิตรของ 0.025M $Na_2S_2O_3$ ที่ใช้ไตเตรทน้ำตัวอย่าง 200 มิลลิลิตร

2.4.3 เครื่องวัดกรดด่าง (pH Meter) รุ่น pH Stamp

อุปกรณ์ Ion Sensitive Field-Effect Transistor (ISFET) ดังแสดงในรูปที่ 2.2 เป็นการประยุกต์ใช้งานทรานซิสเตอร์แบบหนึ่ง โดยเปิดช่องบริเวณขาเกตให้สัมผัสกับสารละลายที่ต้องการวัดค่าพีเอช หลักการทำงานง่ายๆ ของอุปกรณ์ชนิดนี้คือ อิทธิพลจากไฮโดรเจนไอออน(ประจุบวก) ในสารละลาย ทำให้เกิดสนามไฟฟ้าในควบคุมสัญญาณไฟฟ้า โดยใช้ซิลิคอนไนไตรด์เป็นเกตออกไซด์ทำหน้าที่เลือกจับเฉพาะไฮโดรเจนไอออนหรือการตรวจวัดค่าพีเอชนั่นเอง ISFETจึงเป็นอุปกรณ์ 3 ขาซึ่งประกอบด้วย

รูปที่ 2.2 เครื่องวัดกรดด่าง (pH Meter) รุ่น pH Stamp

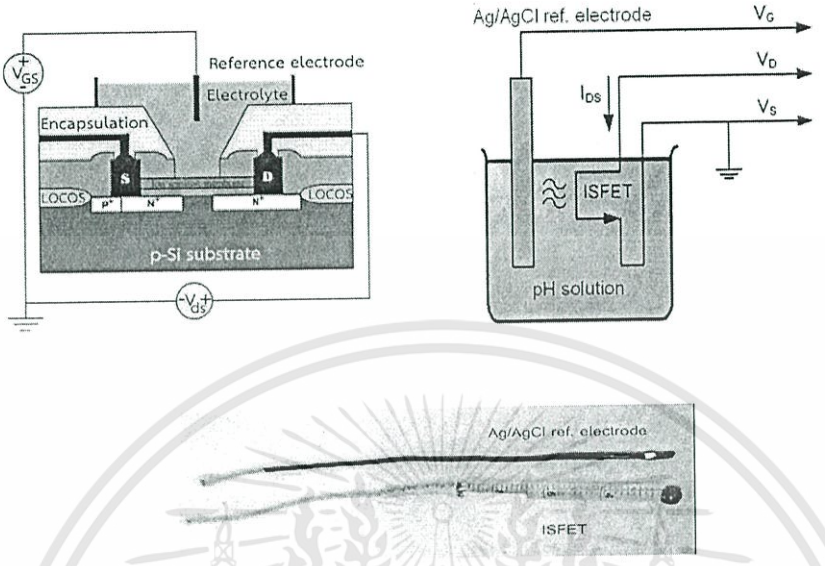
1. ขาเกต (G) ใช้เป็นขั้วไฟฟ้าอ้างอิง Ag/AgCl(Ag/AgCl ref. electrode) ขั้วไฟฟ้าอ้างอิงชนิดนี้ไม่ทำปฏิกิริยากับสารที่ต้องการวัด ทำให้ค่าความต่างศักย์ที่ต้องคร่อมระหว่างขาเกตและซอส เป็นค่าที่ขึ้นอยู่กับปริมาณไอออนสุทธิในสารละลายเพียงอย่างเดียว

2. ขาซอส (S) เป็นขาสัญญาณบนอุปกรณ์ พีเอชเซนเซอร์ชนิด ISFET(ไอเอสเอฟอีที) ขั้วไฟฟ้านี้ออกแบบให้เชื่อมต่อทางไฟฟ้ากับฐานรองรับของตัวอุปกรณ์

3. ขาเดรน (D) เป็นขาสัญญาณบนอุปกรณ์เซ็นเซอร์พีเอช ชนิดไอเอสเอฟอีที เซ็นเซอร์ชนิดไอเอสเอฟอีที ซึ่งเป็นอุปกรณ์ 3 ขาและใช้งานเหมือนอุปกรณ์มอสเฟต(MOSFET) เพียงแต่แยกขาเกตออกมาอยู่ด้านนอก และใช้ขั้วไฟฟ้าอ้างอิง Ag/AgCl เป็นขาเกตนั้นเองเวลาใช้งานต้องจุ่มพีเอช เซนเซอร์ชนิดไอเอสเอฟอีทีและขั้วไฟฟ้าอ้างอิง Ag/AgCl พร้อมกันในสารละลายที่ต้องการวัด ดังแสดงในรูปที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

142879

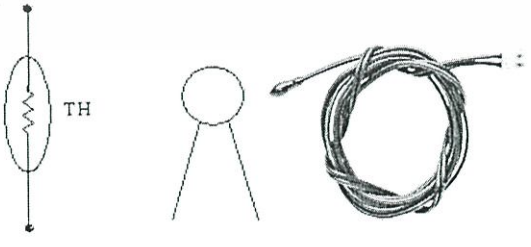


รูปที่ 2.3 ลักษณะโครงสร้างเซ็นเซอร์พีเอชชนิด ISFET

การดูแลรักษาโพรบของพีเอช คือเมื่อใช้งานเสร็จแล้วให้นำมาล้างน้ำกลั่นให้สะอาด แล้วทำการซับน้ำด้วยกระดาษทิชชู่ให้แห้ง จากนั้นทำการเติมน้ำตัวอย่างลงใส่ฝาปิดซึ่งทางบริษัทให้มา แล้วทำการปิดโพรบด้วยฝาที่มีน้ำตัวอย่างซึ่งต้องให้โพรบของพีเอชจุ่มอยู่ในน้ำตัวอย่างนั้น

การตรวจสอบโพรบของพีเอช ถ้าโพรบของพีเอชไม่มีการอ่านค่าขึ้นหน้าจอแอลซีดี จะแสดงให้ทราบว่าโพรบของพีเอชมีการชำรุดหรือต้องการเปรียบเทียบตรวจสอบกับน้ำยาเปรียบเทียบ(Calibration)ของพีเอช ซึ่งทางบริษัทจะให้มาจะมีค่าพีเอช คือ 4, 7 และ 10 ถ้าเมื่อทำการตรวจสอบเปรียบเทียบแล้วค่าพีเอชไม่ตรงกับตัวอย่างที่จุ่มลงไป ให้ทำการขยับโพรบของพีเอชเนื่องจากสายอาจจะหลวม แต่ถ้ายังไม่หายให้ส่งคืนบริษัท

2.4.4 เครื่องวัดอุณหภูมิ เทอร์มิสเตอร์ (Thermistors)



รูปที่ 2.4 แสดงสัญลักษณ์และรูปร่างของเทอร์มิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทอร์มิสเตอร์มาจากคำว่า Thermo + Resistor คำว่า Thermo นั้นหมายถึง ความร้อน ดังนั้น เทอร์มิสเตอร์จึงเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า "ตัวต้านทานความร้อน"เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตรวจจับอุณหภูมิ เป็นสารกึ่งตัวนำที่ทำมาจากโลหะออกไซด์ เช่น แมงกานีส, นิกเกิล, โคบอลด์, ทองแดงและยูเรเนียม เป็นต้น โดยสารเหล่านี้จะมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ กล่าวคือเมื่ออุณหภูมิโดยรอบเปลี่ยนแปลงไปเพียงเล็กน้อย จะส่งผลทำให้ค่าความต้านทานเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็วและแปรผันตรงกับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นไทริสเตอร์จึงมีคุณสมบัติที่เปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานตามอุณหภูมิโดยใช้ตัวย่อ "TH" ดังแสดงในรูปที่ 2.4

ความต้านทานของสารกึ่งตัวนำกับอุณหภูมิ (Semiconductor Resistance Versus Temperature) สารกึ่งตัวนำ คือการที่อิเล็กตรอนสั่นจนทำให้มีการเพิ่มพลังงานของวาเลนซ์อิเล็กตรอน เมื่อพลังงานนี้มีค่าเท่ากันหรือมากกว่าช่องว่างพลังงาน Δ_{wg} ในขณะนี้อิเล็กตรอนจะเข้ามาอยู่ในแถบการนำและอิสระที่จะนำกระแสได้

ข้อสำคัญคือช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของสารกึ่งตัวนำจะไม่เป็นเชิงเส้น

1. ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานต่ออุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์ หลักการ เทอร์มิสเตอร์ คือค่าความต้านทานจะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิตามหลักการของสารกึ่งตัวนำ นั่นคือเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นความต้านทานจะลดลง คุณลักษณะดังกล่าวนี้เรียกว่ามี "สัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเป็นลบ"(เอ็นทีซี) การเปลี่ยนแปลงนี้จะแปรตามความไม่บริสุทธิ์ในการเจือปน หากเจือปนมากเกินไปสารกึ่งตัวนำจะมีสัมประสิทธิ์ของอุณหภูมิเป็นบวก
2. ความไวหรือสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของอาร์ทีดี จะมีค่าเพิ่มขึ้นหากว่าอุณหภูมิเพิ่มขึ้น
3. เวลาตอบสนองผลตอบสนองของเทอร์มิสเตอร์ขึ้นอยู่กับประเภทของวัสดุ และสภาวะแวดล้อม สำหรับเทอร์มิสเตอร์ที่บรรจุอยู่ในอ่างน้ำมัน (ที่มีการสัมผัสความร้อนที่ดี) ผลตอบสนองของเวลาจะมีค่าประมาณ 0.5 วินาที แต่หากเป็นเทอร์มิสเตอร์ตัวเดียวกันที่อยู่ในอากาศ อาจจะใช้เวลาตอบสนองถึง 10 วินาที เทอร์มิสเตอร์แบบจานหรือแบบแท่งขนาดใหญ่ อาจจะมีผลตอบสนองต่อเวลาเป็น 10 วินาที หรือมากกว่า ถึงแม้ว่าจะมีการสัมผัสความร้อนที่ดีก็ตาม

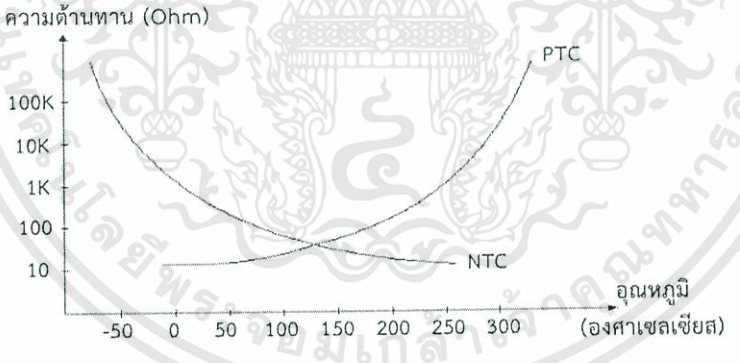
โดยทั่วไปเทอร์มิสเตอร์จะมีอยู่ด้วยกันสองประเภทคือแบบค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิทางบวก (Positive Temperature Coefficients,PTC) และ แบบค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิทางลบ Negative Temperature Coefficients (NTC) คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ชนิดค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิทางลบ เทอร์มิสเตอร์ชนิดนี้ผลิตได้โดยการผสมและเจือปนออกไซด์ของโลหะ เช่น นิกเกิล โคบอลต์ แมงกานีส เหล็ก และทองแดง แล้วอัดให้ติดกันเป็นก้อนแข็ง (sintering dope) กระบวนการนี้ทำให้สำเร็จได้เมื่อมีการควบคุมสภาวะแวดล้อมในการผลิตเทอร์มิสเตอร์แบบนี้ใช้สำหรับการวัดและควบคุมอุณหภูมิ

2. ชนิดค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิทางบวกจะขึ้นอยู่ในรูปของสวิตชิ่ง ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิทางบวกใช้แบเรียมไททาเนตเป็นฐานและเพิ่มตะกั่วหรือเซอร์โคเนียมไททาเนตลงไปปรับความไวในการสับเปลี่ยนอุณหภูมิที่จะวัด ส่วนเทอร์มิสเตอร์แบบค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิทางบวกที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิจริงๆ จะใช้ซิลิคอนเป็นธาตุตั้งต้นในการเจือปน เทอร์มิสเตอร์แบบนี้มักจะนำไปประยุกต์ใช้ในการป้องกันแรงเคลื่อนหรือกระแสเกินค่าปกติในวงจรไฟฟ้า

เทอร์มิสเตอร์สองประเภทนี้มีคุณสมบัติที่ตรงกันข้ามกัน กล่าวคือแบบค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิทางบวกจะมีค่าความต้านทานเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น และจะเพิ่มอย่างรวดเร็วเมื่ออุณหภูมิถึงจุดที่เรียกว่า ‘knee’หรือจุดช่วงที่ทำหน้าที่เสมือนเป็นสวิตช์ตัด-ต่อวงจร(switching point) ส่วนค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิทางลบจะตรงกันข้ามคือค่าความต้านทานจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นดังแสดงในรูปที่ 2.5



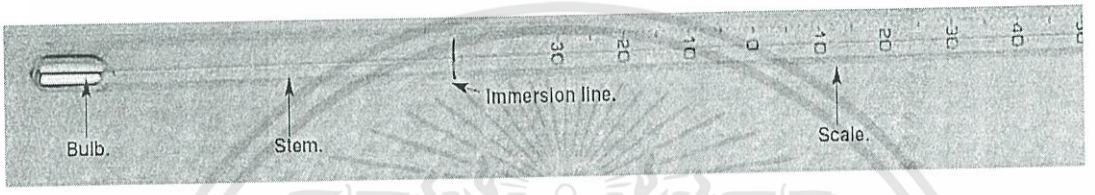
รูปที่ 2.5 แสดงกราฟคุณสมบัติของเทอร์มิสเตอร์ชนิดค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิทางลบและค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิทางบวก

เทอร์มิสเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่มีความละเอียดสูงในการตรวจจับอุณหภูมิ (ความละเอียดของเทอร์มิสเตอร์จะขึ้นอยู่กับโมเดล(model)และรายละเอียดของผู้ผลิตอุปกรณ์ยี่ห้อหรือนั้นๆ)แต่อย่างไรก็ตามเทอร์มิสเตอร์จะค่อนข้างมีข้อจำกัดเกี่ยวกับย่านการตรวจจับอุณหภูมิ (โดยทั่วไปจะมีย่านการใช้งานปกติที่ 0°C ถึง 100°C) และคงทนต่อสภาวะทางเคมีและไม่มีผลกระทบต่อการใช้งานนานๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.5 เทอร์โมมิเตอร์แบบกระเปาะแก้ว(Liquid in Glass Thermometer)

เทอร์โมมิเตอร์แบบกระเปาะแก้วหรือที่ทุกคนคุ้นเคยกันในชื่อ **เทอร์โมมิเตอร์แบบกระเปาะแก้ว** ดังแสดงในรูปที่ 2.6 ที่มีใช้งานกันอยู่ทั่วไปนั้นมีเป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องทำความเข้าใจถึงการใช้งานอย่างถูกต้องให้ตรงตามข้อกำหนดของเทอร์โมมิเตอร์ชนิดนั้น ๆ ก่อนอื่นเรามาทำความรู้จักกับส่วนประกอบของเทอร์โมมิเตอร์กันก่อนดังนี้



รูปที่ 2.6 ส่วนประกอบที่สำคัญของเทอร์โมมิเตอร์แบบกระเปาะแก้ว

ส่วนประกอบที่สำคัญของเทอร์โมมิเตอร์แบบกระเปาะแก้ว

1. Bulb คือ ส่วนกระเปาะแก้วบรรจุของเหลวมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

2. Stem คือ ก้านแท่งแก้วภายในเป็นท่อเล็กๆ(Capillary)ให้ของเหลวขยายตัววิ่งเข้าไปเมื่อได้รับอุณหภูมิ

3. Scale คือ ขีดแสดงอุณหภูมิที่ติดอยู่บนก้านแท่งแก้วแล้วบอกค่าอุณหภูมิ โดยดูจากระดับของเหลวในท่อเล็กๆ

4. Contraction Chamber เป็นส่วนขยายกว้างในท่อเล็กๆ มีไว้ป้องกันไม่ให้ของเหลวหดตัวเข้าไปในกระเปาะเมื่อวัดอุณหภูมิต่ำเกินไป (บางตัวไม่มี)

5. Expansion Chamber เป็นส่วนขยายกว้างในท่อเล็กๆ ด้านบนสุดของเทอร์โมมิเตอร์ มีไว้ป้องกันไม่ให้เทอร์โมมิเตอร์แตก เมื่อวัดอุณหภูมิสูงเกินไป

6. Immersion Ring มีเฉพาะเทอร์โมมิเตอร์แบบ Partial Immersion Thermometer เป็นขีดบอกเพื่อให้จุ่มเทอร์โมมิเตอร์จนผิวของเหลวอยู่ที่ขีดนี้ เพื่อวัดอุณหภูมิของของเหลวของเหลวที่ใส่ในเทอร์โมมิเตอร์ชนิดนี้มักเป็นปรอท

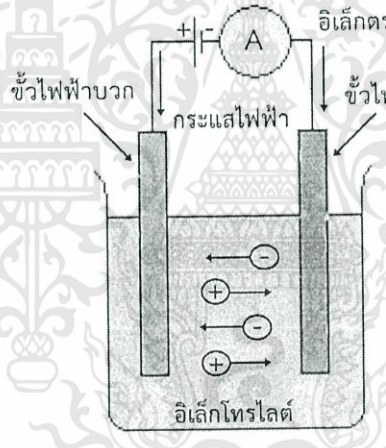
การทำงานเทอร์โมมิเตอร์แบบกระเปาะแก้ว ใช้การขยายตัวของของเหลวที่ใช้บรรจุ ซึ่งขยายตัวมากกว่าแท่งแก้วที่เป็น Body ความสูงของของเหลวในท่อเล็กๆ จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.6 การนำไฟฟ้า

ในเรื่องไฟฟ้าสถิตที่ผ่านมาเป็นการศึกษาถึงประจุไฟฟ้าที่อยู่นิ่ง หรือเคลื่อนที่ในเวลาสั้นๆ แต่ถ้าประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่องจะทำให้เกิด "กระแสไฟฟ้า" ดังนั้น**กระแสไฟฟ้าจึงเกิดจากการเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่องของประจุไฟฟ้าบนตัวนำไฟฟ้า**

การนำไฟฟ้าในอิเล็กโทรไลต์ ทำให้เกิดได้โดยการจุ่มแผ่นโลหะ 2 แผ่น ลงในอิเล็กโทรไลต์แล้วต่อเข้ากับขั้วของแบตเตอรี่ ดังแสดงในรูปที่ 2.7 พบว่าแผ่นโลหะทั้งสองจะทำหน้าที่เป็นขั้วไฟฟ้าบวกและขั้วไฟฟ้าลบ สนามไฟฟ้าระหว่างขั้วไฟฟ้าบวก และขั้วไฟฟ้าลบ จะมีผลทำให้อิเล็กโทรไลต์แตกตัวเป็นไอออนบวกและไอออนลบ ไอออนบวกเคลื่อนที่ไปยังขั้วไฟฟ้าลบและไอออนลบเคลื่อนที่ไปยังขั้วไฟฟ้าบวก แสดงว่ากระแสไฟฟ้าในอิเล็กโทรไลต์จะเกิดจากการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าบวก (ไอออนบวก) และประจุไฟฟ้าลบ (ไอออนลบ)



รูปที่ 2.7 สารละลายอิเล็กโทรไลต์

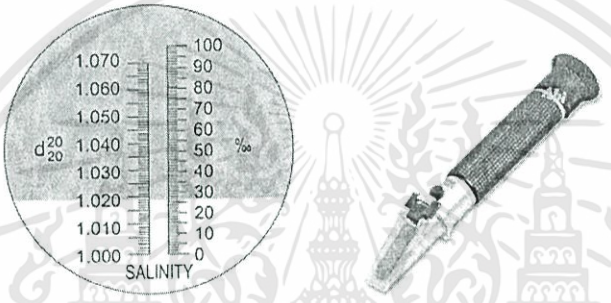
2.4.7 เครื่องวัดค่าความเค็มรีแฟคโตมิเตอร์วัดความเค็ม

หลักการทำงานอาศัยหลักการหักเหของแสง เครื่องมืออุปกรณ์ดังกล่าวมีขนาดกะทัดรัดออกแบบมาให้พกพาได้ ใช้งานง่ายสะดวกรวดเร็ว ไม่ต้องใส่ถ่าน เพียงนำสารละลายที่ท่านต้องการทราบค่ามาหยดที่เครื่องค่าที่อ่านได้เป็นเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้น หรือความหนาแน่น หรือทั้งสองอย่าง หลักการใช้เครื่องวัดค่าความเค็มรีแฟคโตมิเตอร์คือควรจะทำความสะอาดในส่วนที่จะหยดสารละลาย(ปริซึม) เสมอทั้งก่อนใช้และหลังใช้งาน ทั้งนี้เวลาหยดสารละลายนั้น ควรหยดด้วยความนุ่มนวลเพราะสารละลายที่หยดไม่ควรมีฟองอากาศปน ซึ่งอาจจะมีผลต่อค่าที่อ่านได้ หลักคร่าว ๆ ในการเลือก เครื่องวัดค่าความเค็มรีแฟคโตมิเตอร์ คือโครงสร้างหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควรทำจากโลหะ และสารละลายบางชนิดค่าที่วัดได้จะแม่นยำมากขึ้นถ้ามีระบบ ATC (Automatic Temperature Compensation)

ด้านบน คือวิธีใช้งานรีแฟคโตมิเตอร์ที่ถูกวิธี อันดับแรกคือเปิดฝาหน้าขึ้นแล้วหยดสารละลายที่จะวัดลงไป หลังจากนั้นปิดฝาลงแล้วส่องกับแสงสว่างมากๆ เช่นแสงแดด ซึ่งภาพที่จะเห็นก็จะเป็นดังแสดงในรูปที่ 2.8 จุดตัดระหว่างสองสีคือค่าความเข้มข้นสารละลายที่ต้องการทราบค่า



รูปที่ 2.8 เครื่อง salt meter salinity refractometer

การวัดค่าความเค็มนั้น หน่วยที่วัดกันทั่วไปไม่ได้บอกเฉพาะเป็นเปอร์เซ็นต์อย่างเดียว มิเตอร์วัดค่าความเค็มหลายๆ รุ่นบอกหน่วยที่วัดเป็น ppt(part per thousand) ได้ด้วยคือบอกเป็นส่วนในพันส่วน สัญลักษณ์โดยทั่วไปที่วัดเป็นเปอร์เซ็นต์คือใช้สัญลักษณ์ % คือใช้เครื่องหมายเปอร์เซ็นต์ธรรมดา แต่ถ้าจะบอกหน่วยเป็นส่วนในพันส่วนจะบอกได้ 2 สัญลักษณ์ คือ ppt หรือ ‰ (ลักษณะคล้ายๆ เครื่องหมายเปอร์เซ็นต์แต่มีวงกลมเพิ่มขึ้นอีกวงหนึ่ง) ความเค็มของน้ำนิยามได้หลายอย่างขึ้นกับความเข้มข้นของความเค็มในสารละลาย เช่น

น้ำจืด(Fresh Water) มีค่าความเค็มที่น้อยกว่า 0.05% หรือ น้อยกว่า 0.5 ppt(<0.5 %)

น้ำกร่อย(Barckish Water) มีค่าความเค็มที่ 0.05-3% หรือ 0.5-30 ppl(0.5-30 %)

น้ำเกลือ(Saline Water) มีค่าความเค็มที่ 3-5% หรือ 30-50 ppt(30-50 %)

น้ำเค็มหรือน้ำทะเล(Brine Water)มีค่าความเค็มที่มากกว่า 5%หรือมากกว่า50ppt

จากสเกลของรีแฟคโตมิเตอร์ที่ออกแบบมาให้วัดความเค็มจะพบว่า นอกจากเป็นสเกลที่วัดค่าความเค็มได้แล้วยังมีสเกลใช้วัดค่าความถ่วงจำเพาะอีกด้วย(อยู่ทางซ้ายมือ)ซึ่งค่าความถ่วงจำเพาะนี้บ่งบอกถึงมวล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของสารละลายที่หนักกว่าน้ำกลั่นธรรมดา (ซึ่งน้ำกลั่นธรรมดาจะมีความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1) สารละลายที่มีความเค็มมากขึ้นจะมีความถ่วงจำเพาะที่มากขึ้นด้วย ความถ่วงจำเพาะเป็นค่าที่บ่งบอกถึงมวลของสารละลายความเค็มที่จะหนักกว่าหรือเบากว่าน้ำกลั่นปกติ ถ้าเทียบโดยปริมาตรของสารละลายนั้น ๆ กับสารละลายน้ำกลั่นที่เท่า ๆ กัน (โดยปกติสารละลายความเค็มมีค่าความถ่วงจำเพาะที่มากกว่าน้ำกลั่นปกติ)

การคำนวณ การเตรียมน้ำจากน้ำทะเลให้ได้ระดับความเค็ม 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 และ45 ppt ด้วยสมการที่ 2.2

ตัวอย่างเช่นการเตรียมน้ำให้ได้ระดับความเค็มที่ 20 ppt ปริมาตร 30 ลิตร จากน้ำทะเลที่มีความเค็ม 30ppt(ตรวจสอบค่าน้ำทะเลจากเครื่องวัดค่าความเค็มรีแฟคโตมิเตอร์)

$$N_1V_1 = N_2V_2 \qquad (2.2)$$

$$30x\ V_1 = 20x30$$

$$V_1 = 20 \text{ ลิตร}$$

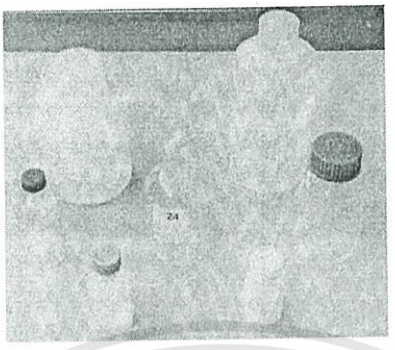
ดังนั้นการเตรียมน้ำทะเลที่ระดับความเค็ม 20 ppt จะใช้น้ำทะเล (ความเค็ม 30ppt) ปริมาตร 20 ลิตร และเติมน้ำจืดเพิ่มอีก 10 ลิตร เมื่อได้ความเค็มตามที่ต้องการให้ทำการเช็คค่าความเค็มอีกรอบด้วยเครื่องวัดค่าความเค็มรีแฟคโตมิเตอร์

2.4.8 วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำในเพื่อไปตรวจสอบในห้องปฏิบัติการ

การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์พารามิเตอร์ทั่วๆ ไป [7]มีข้อควรปฏิบัติดังนี้

1. ขวดที่ใช้บรรจุตัวอย่างควรล้างด้วยน้ำตัวอย่างที่จะเก็บอย่างน้อย 2-3 ครั้งก่อนจะใส่น้ำตัวอย่าง
2. ความลึกที่เก็บตัวอย่างวัดจากผิวน้ำถึงกึ่งกลางของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำ
3. ในการเก็บน้ำค่อยๆ หย่อนอุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำ เมื่อถึงระดับความลึกที่ต้องการทิ้งไว้ประมาณ 15 วินาที แล้วจึงปล่อยลูกตุ้ม (หรืออุปกรณ์อื่นๆ เพื่อให้อุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำปิดฝา)
4. หากต้องการวัดพีเอช ออกซิเจนละลาย ค่าความนำไฟฟ้าหรือพารามิเตอร์อื่นๆ ขณะเก็บตัวอย่าง ให้แยกตัวอย่างน้ำใส่ภาชนะอื่นๆ และควรวัดพีเอชก่อนวัดพารามิเตอร์อื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 แสดงภาพกระบอกเก็บตัวอย่างน้ำแบบต่างๆ

5. ใส่ตัวอย่างน้ำในขวดบรรจุ ดังแสดงในรูปที่ 2.9 ตัวอย่างเพียง 2 ใน 3 ของความจุ เพราะหากใส่เต็มขวด เมื่อนำไปแช่แข็งน้ำจะขยายตัว อาจทำให้ขวดใส่ตัวอย่างเสียหายได้
6. จดรายละเอียดต่างๆ เช่น วัด เดือน ปี และเวลาที่เก็บตัวอย่าง สภาพดินฟ้าอากาศระดับความลึกของน้ำที่เก็บตัวอย่าง ผู้เก็บตัวอย่างน้ำ น้ำขึ้นน้ำลง เป็นต้น ลงในสมุดบันทึกหรือแบบฟอร์มให้ละเอียดถี่ถ้วน
7. เก็บรักษาตัวอย่างน้ำตามวิธีการ และนำไปวิเคราะห์โดยเร็วที่สุด

ความถี่ของการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อศึกษาคุณภาพน้ำในแต่ละตัวแปร ควรพิจารณาดังนี้

1. ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ มีความผันแปรตลอดเวลา ตลอดวัน ในการเลี้ยงปลาหรือสัตว์น้ำแบบหนาแน่น ควรจะมีค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำทุกวันหรืออย่างน้อยสุด 2 สัปดาห์/ครั้ง เพื่อนำข้อมูลคุณภาพน้ำที่ได้มาใช้ในการจัดการระหว่างการเลี้ยงสัตว์น้ำ
2. ความเป็นกรด-ด่าง ควรตรวจสอบบ่อยครั้ง เนื่องจากเป็นค่าที่บอกถึงปริมาณปูนที่ใช้ในบ่อ และความเป็นพิษของสารบางตัว เช่น แอมโมเนีย ไฮโดรเจนซัลไฟด์
3. ความเค็ม ควรวิเคราะห์สัปดาห์ละ 1 ครั้ง
4. สภาพด่าง ความกระด้าง ควรศึกษาทุกๆ 1-2 สัปดาห์
5. ปริมาณก๊าซพิษ เช่น แอมโมเนีย ไนไตรท์ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และคาร์บอนไดออกไซด์ มีแนวโน้มสะสมเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเลี้ยง ควรวิเคราะห์ 1-2 สัปดาห์/ครั้ง
6. ปริมาณสารอินทรีย์และอนินทรีย์ ควรศึกษาทุกๆ 2-4 สัปดาห์ในการวิจัย ส่วนการเลี้ยงเพื่อการค้าไม่มีการวิเคราะห์ค่านี้

การเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ ควรทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทันที แต่ถ้าไม่สามารถทำได้ควรเลือกวิธีการเก็บตัวอย่างให้เหมาะสมกับตัวแปรของคุณภาพน้ำที่ศึกษา ตัวอย่างน้ำควรเก็บไว้ในที่ไม่มีแสงและอุณหภูมิต่ำ ตัวแปรของคุณภาพน้ำมีการเก็บรักษาแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นายวุฒินันท์ เจียมศักดิ์ศิริ และคณะ[8] ได้จัดทำโครงการวิจัยระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำและแสดงแผนที่อัตโนมัติระดับความเป็นกรด-ด่าง หรือค่า pH เป็นหนึ่งในค่าพื้นฐานที่ใช้ตรวจวัดและควบคุมคุณภาพน้ำ ไม่ว่าจะเป็น แหล่งน้ำธรรมชาติ น้ำเสียจากอุตสาหกรรม แหล่งน้ำเพื่อการเกษตร น้ำในการเลี้ยงเพาะพันธุ์สัตว์น้ำ ศูนย์เทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์ หรือทีเมค มีความสามารถในการสร้างเซ็นเซอร์ที่วัดค่าทางกายภาพและเคมี ต่างๆ ที่สำคัญ หนึ่งในเซ็นเซอร์เหล่านั้นนั้นเรียกว่า Ion Sensitive Field Effect Transistor หรือเรียกย่อว่า "ISFET" ISFET นี้เป็น เซ็นเซอร์ ที่พัฒนาจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ จึงสามารถควบคุมและเก็บข้อมูลผ่านทางสมองกลอัจฉริยะและระบบคอมพิวเตอร์ได้

นายคงพันธุ์ รุ่งประทีปถาวร [9] เสนอสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำเป็นระบบที่ใช้ตรวจวัดแบบอัตโนมัติควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เคลื่อนย้ายได้ง่าย รับ-ส่งข้อมูลและสั่งงานควบคุมการทำงานจากศูนย์กลางผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ควบคุมระยะไกล สามารถตั้งเวลาการทำงานได้ มีระบบล้างและเก็บหัววัดในน้ำสะอาด เพื่อให้เกิดความแม่นยำในการวัด ลดค่าใช้จ่ายในการส่งคนไปดูแลและบำรุงรักษา สามารถตรวจวัดคุณภาพน้ำได้ 4 ชนิดคือ อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ การนำไฟฟ้าของน้ำ สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำอัตโนมัติจะถูกนำไปติดตั้งไว้ตามแหล่งน้ำต่างๆ ที่ต้องการตรวจวัดคุณภาพน้ำ ปัจจุบันได้มีการเพิ่มระบบไฟสัญญาณเฝ้าระวังภัยและเพิ่มการแจ้งเตือนผ่าน SMS ให้กับสถานีวัดอัตโนมัติขนาดเล็ก

ชวลี เฌอกิจ และ วิชญ์ ศรีวงษา ได้นำเสนอโครงการจัดทำสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำด้วยระบบโทรมาตรแบบทุ่นลอย มีกาส่งข้อมูลแบบ real time ผ่านระบบ GPRS เข้าระบบอินเตอร์เน็ต [10] จัดทำขึ้นเพื่อเฝ้าระวังสถานการณ์คุณภาพน้ำบริเวณคลองสารภี จ.ปราจีนบุรี ซึ่งเป็นพื้นที่ประสบปัญหาคุณภาพน้ำเสื่อมโทรมบ่อยครั้ง

ระบบโทรมาตรวัดคุณภาพน้ำอัตโนมัติประกอบด้วย 2 องค์ประกอบหลัก คือ water quality module และ GPRS module ซึ่งจำเป็นต้องมีการพัฒนาวงจรควบคุมการทำงานต่างๆ ได้แก่ 1) วงจรระบบฝังตัวเชื่อมต่อรับข้อมูลแบบ ASCII จากอุปกรณ์ตรวจวัดคุณภาพน้ำแบบ real time 2) วงจรแสดงผลการเชื่อมต่อและรับข้อมูล 3) วงจรกำหนดคาบเวลาการประมวลผลและส่งข้อมูล 4) วงจรเชื่อมต่อและวงจรส่งข้อมูลเข้าเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ด้วยระบบ GPRS 5) วงจรจ่ายไฟฟ้าควบคุมแรงดันและการเก็บประจุจากแสงอาทิตย์ และ6) การพัฒนาชุดคำสั่งการส่งข้อมูลการตรวจวัดผ่านระบบ GPRS

อุปกรณ์ชุดหัววัดคุณภาพน้ำที่นำมาใช้กับระบบโทรมาตรตรวจวัดคุณภาพน้ำแบบอัตโนมัติประกอบด้วย 3 ส่วน สำคัญคือ combined conductivity and dissolved oxygen sensors (ConOx), pH combination electrodes และ pH /DO / conductivity measuring instrument สามารถตรวจวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณภาพน้ำ (ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ความนำไฟฟ้า ความเป็นกรด ด่าง และอุณหภูมิของน้ำ) และรายงานผลได้ real time (กำหนดไว้ทุก 15 นาที) ส่งข้อมูลผ่านระบบ GPRS

ผลการดำเนินงานของสถานีวัดคุณภาพน้ำแบบอัตโนมัติ ภายหลังนำไปติดตั้งในพื้นที่คลองสารภี พบว่าสามารถทำงานได้เป็นอย่างดี โดยสถานีที่ 1 และ 2 สามารถส่งข้อมูลเข้า data logger ได้ 77.27 และ 88.51 เปอร์เซ็นต์ จากจำนวนข้อมูลที่ควรได้รับทั้งหมด 10,080 ข้อมูล นอกจากนี้ ต้องทำความสะอาด electrode ตลอดจนการปรับเทียบ (calibration) เป็นระยะเพื่อความถูกต้องของผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำ แต่ทั้งนี้ เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าปริมาณออกซิเจนละลายที่ตรวจวัดได้กับวิธีมาตรฐานการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ พบว่าค่าที่รายงานจากสถานีวัดคุณภาพน้ำแบบอัตโนมัติค่าต่ำกว่า สาเหตุอาจเนื่องจากสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำแบบอัตโนมัตินั้นสามารถตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ได้โดยตรงจากแหล่งน้ำ แต่การวิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐานจำเป็นต้องเก็บตัวอย่างน้ำขึ้นมาทำการวิเคราะห์ อาจทำให้เกิดการเติมอากาศให้แก่ตัวอย่างน้ำได้จากกระบวนการเก็บตัวอย่างน้ำ

สมบูรณ์ มั่นความดี และคณะ ได้จัดสร้าง โครงการจัดทำสถานีตรวจวัดคุณสมบัติของดินและน้ำแบบอัตโนมัติผ่านระบบไร้สาย [11] ประกอบด้วยสถานีตรวจวัดคุณภาพของน้ำ 1 แห่ง และตรวจวัดความชื้นในดิน 4 แห่ง ตั้งอยู่ริมคลองระบาย ร 5 ขวา 1 ซ้าย (ท่าเรือ-บางพระ) มีต้นคลองอยู่ในเขตจังหวัดกาญจนบุรีได้รับน้ำจากแม่น้ำแม่กลองและไหลผ่านอำเภอกำแพงแสนแล้วไหลลงแม่น้ำท่าจีนบริเวณอำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม คลองระบายมีการเน่าเสียจากน้ำทิ้งที่ปล่อยออกจากฟาร์มเลี้ยงสุกรและน้ำทิ้งชุมชน ผลการจัดทำสถานีตรวจวัดคุณสมบัติของดินและน้ำพบว่าสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำสามารถตรวจวัดค่า ความเป็นกรดด่าง ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ (ปริมาณเกลือ) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ และอุณหภูมิของน้ำ แล้วนำไปเก็บในหน่วยความจำของอุปกรณ์เก็บข้อมูลโดยบันทึกกำกับวัน เดือน ปี และเวลาไว้ทุกช่วงวัด สามารถอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำจากสำนักวิจัยและพัฒนาได้โดยตรงผ่านระบบ GPRS และสามารถอ่านข้อมูลคุณภาพน้ำแบบ Real Time ได้ ส่วนสถานีตรวจวัดความชื้นในดินสามารถตรวจวัดความชื้นในช่วง 0-100 % โดยปริมาตรและสามารถอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำของสถานีตรวจวัดความชื้นจากสำนักวิจัยและพัฒนาได้โดยตรงผ่านระบบ GPRS และสามารถอ่านข้อมูลความชื้นในดินแบบ Real Time ได้ การจัดเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำและความชื้นในดินสามารถตั้งเวลาในการจัดเก็บได้ตั้งแต่ 1 วินาที จนถึง 18 ชั่วโมงตามความเหมาะสมผ่านคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการ และการออกแบบ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งและเก็บตัวอย่างน้ำแบบ 3 ระดับความลึก ซึ่งจะแบ่งออกเป็นส่วนต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 3.1 โดยจะมีภาคการทำงานคือ ภาคเซ็นเซอร์ และภาคแสดงผล โดยในการออกแบบได้แบ่งส่วนการออกแบบเป็น 3 ส่วนคือ ทางด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware) หรือวงจรการใช้งาน, ทางด้านซอฟต์แวร์(Software) และการออกแบบโครงสร้างของระบบ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

3.1 กรอบแนวความคิดของโครงงานวิจัย

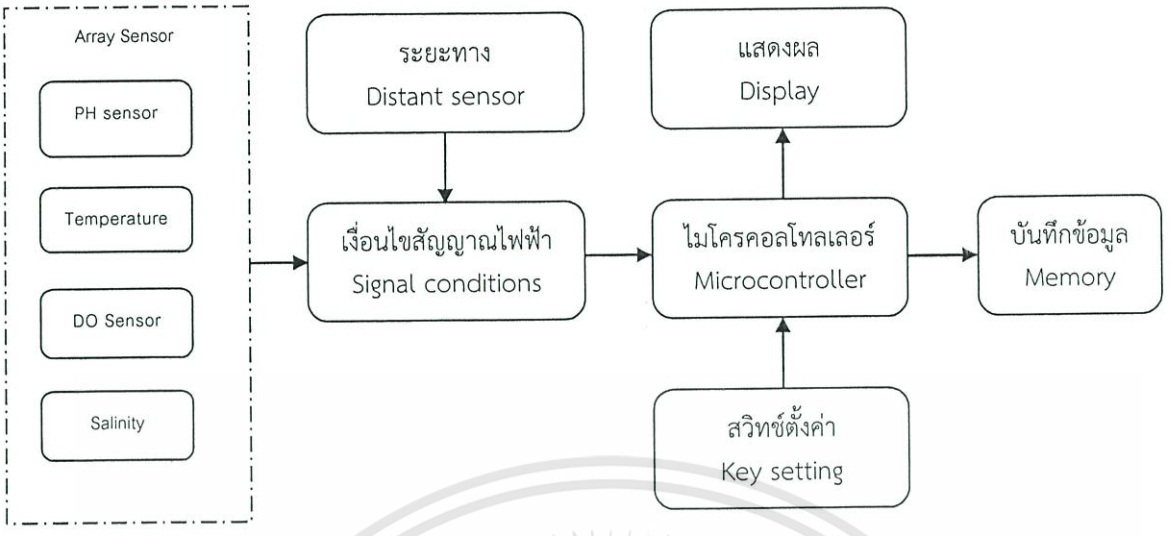
เนื่องจากผู้วิจัยมีโอกาสประสานงานพบปะพูดคุยและได้ร่วมศึกษาเรียนรู้การตรวจวัดคุณภาพน้ำทะเลกับศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยตอนกลาง จังหวัดชุมพร จากการได้สืบค้นข้อมูล พบปะพูดคุยกับทางกรมทรัพยากรชายฝั่งทะเล และสถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ กรมประมงจังหวัดชุมพร ทำให้ทราบว่าอุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัด เก็บตัวอย่างน้ำทะเล และเก็บข้อมูล มีราคาที่ค่อนข้างสูง อีกทั้งเมื่อเกิดความเสียหายใช้ระยะเวลาในการซ่อมแซมค่อนข้างนาน ทำให้การเก็บตัวอย่าง ต้องชะงักลง ดังนั้นผู้วิจัยเล็งเห็นว่าอุปกรณ์ดังกล่าว คณะผู้วิจัยสามารถออกแบบ และจัดสร้างเองได้ รวมทั้งอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ก็สามารถจัดหาได้ภายในประเทศ

ดังนั้นในการศึกษาวิจัยนี้คณะผู้วิจัยมีกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัยโดยใช้เซ็นเซอร์ทางอิเล็กทรอนิกส์มาทำการตรวจวัดค่าพื้นฐานที่ใช้บ่งชี้คุณภาพน้ำได้แก่ เซนเซอร์ตรวจวัดค่า pH ค่าอุณหภูมิ ค่าความเค็ม ค่าออกซิเจนในน้ำ ค่าระยะทางความลึก นอกจากนี้ยังมีกระบอกเก็บตัวอย่างน้ำที่ระดับความลึกที่ต้องการ ได้ 3 ระดับ รวมถึงระบบเก็บข้อมูลพารามิเตอร์พื้นฐาน ณ ตำแหน่งความลึกที่ต้องการ และแสดงผลผ่านจอ แอลซีดี(LCD) โดยมีไดอะแกรมดังแสดงดังในไดอะแกรมรูปที่ 3.1 ซึ่งแต่ละส่วนจะทำหน้าที่ดังรายละเอียดที่จะกล่าวต่อไปนี้

Sensor Array คือ ส่วนที่เป็นเซ็นเซอร์เซนเซอร์ตรวจวัดค่า pH ค่าอุณหภูมิ ค่าความเค็ม และค่าออกซิเจนในน้ำ นอกจากนี้จะนำเซนเซอร์ระยะทางมาทำการตรวจจับระดับความลึกของน้ำทะเลด้วยเพื่อเก็บเก็บข้อมูล และตัวอย่างน้ำที่ระดับความลึกที่ต้องการ (ระดับความลึกของน้ำไม่เกิน 30 เมตร)

จากบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 3.1 สามารถอธิบายการทำงานโดยรวมของระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งและเก็บตัวอย่างน้ำแบบ 3 ระดับความลึก โดยไมโครคอนโทรเลอร์จะรับค่าระดับความลึกที่ต้องการให้เก็บตัวอย่างน้ำ และ ข้อมูลค่าต่างๆ ผ่านทางสวิทช์ตั้งค่า โดยสามารถระบุค่าความลึกได้ 3 ระดับความลึก เมื่อทำการปล่อยเครื่องวัดคุณภาพน้ำลงสู่ใต้น้ำ เซ็นเซอร์วัดระดับความลึกจะทำงานและเมื่อถึงระดับความลึกที่ต้องการปั๊มน้ำจะทำการสูบน้ำเข้าไปเก็บไว้ในที่เก็บน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แสดงไดอะแกรมกรอบแนวความคิดของโครงงานวิจัย

พร้อมกันนั้นเซ็นเซอร์ทั้งหมดจะทำงานเพื่อบันทึกค่าข้อมูลพื้นฐานที่ได้ไว้ใน EEPROM เพื่อนำไปแสดงผลทางหน้าจอแอลซีดีเมื่อนำเครื่องวัดคุณภาพน้ำขึ้นสู่ผิวน้ำ ซึ่งเมื่อระบบทำงานครบทั้ง 3 ระดับความลึกที่ต้องการแล้วระบบจะขึ้นสู่ผิวน้ำโดยอัตโนมัติ

ดังนั้นในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบโดยแบ่งเป็นส่วนต่างๆ 3 ส่วน คือ การออกแบบทางวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (Hardware) การออกแบบทางโปรแกรม (Software) และการออกแบบโครงสร้างชิ้นงาน ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดดังต่อไปนี้

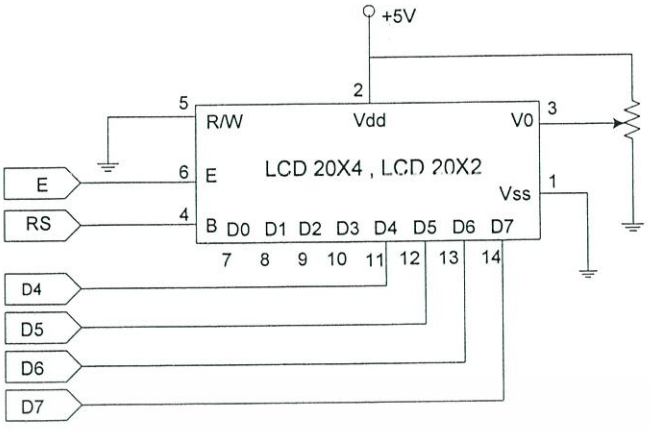
3.2 การออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware) หรือวงจรการใช้งาน

ในการออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์นั้น ถือว่าเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งในการออกแบบโครงงานเครื่องวัดคุณภาพน้ำที่ระดับต่างๆ เนื่องจากส่วนของฮาร์ดแวร์จะเป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อระหว่างส่วนของซอฟแวร์ กับส่วนของโครงสร้างให้ทำงานด้วยกันได้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 วงจรแสดงผลทางแอลซีดี

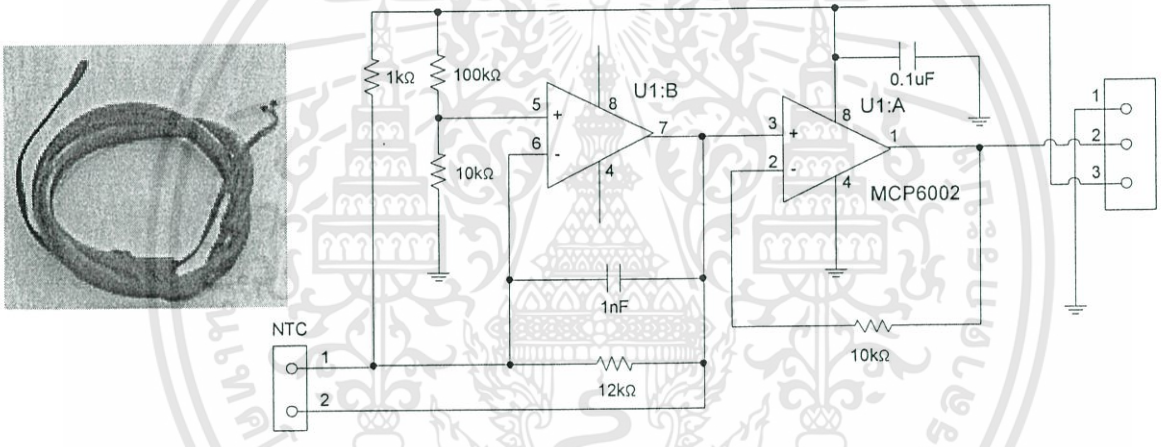
วงจรแสดงผลทางโมดูลแอลซีดี ดังแสดงในรูปที่ 3.2 เป็นหน้าจอแสดงผลซึ่งมีขนาด 20 ตัวอักษร 4 บรรทัด โดยช่วงแรกจะเป็นข้อความต้อนรับ หลังจากนั้นจะแสดงค่าของตัวเซ็นเซอร์ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 วงจรแสดงผลทางโมดูลแอลซีดี

3.2.2 วงจรสมบูรณ์สำหรับวัดอุณหภูมิ



รูปที่ 3.3 วงจรสมบูรณ์สำหรับวัดอุณหภูมิ

หลักการทำงานของวงจร

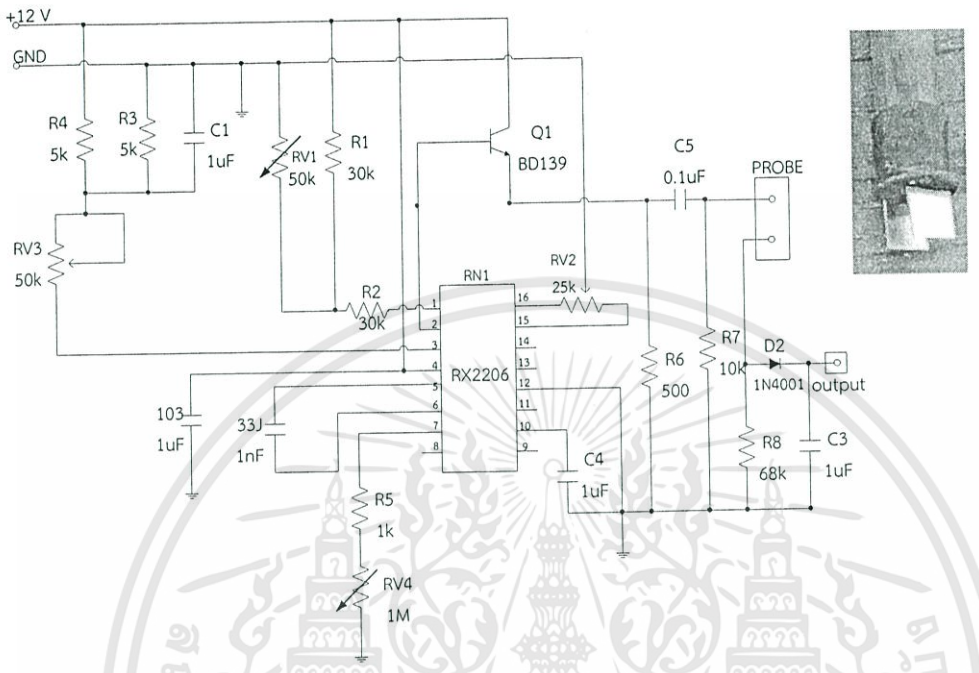
วงจรสมบูรณ์สำหรับวัดอุณหภูมิ ดังแสดงในรูปที่ 3.3 เป็นวงจรสมบูรณ์ที่ใช้ตัวเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิแบบเทอร์มิสเตอร์ ชนิดค่าสัมประสิทธิ์ทางลบ เบอร์ NTSE0103 การทำงานของวงจรอธิบายได้ดังนี้ ค่าสัมประสิทธิ์ทางลบมีคุณสมบัติของความต้านทานที่แปรค่าตามอุณหภูมิไม่เป็นเชิงเส้น (non-Linearity) ซึ่งไม่สามารถนำไปทำหน้าที่การวัด (measurement) ได้โดยตัวเอง ดังนั้น จึงต้องมีวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวปรับแต่งเชิงเส้น เพื่อแก้ให้คุณสมบัติที่ไม่เป็นเชิงเส้นเป็นเชิงเส้น เพื่อให้สามารถแสดงค่าสเกลต่างๆในระบบของเครื่องวัดได้

วงจรปรับแต่งเชิงเส้น(Linearizer) ประกอบด้วย 3 ส่วนหลักคือ วงจรขยายผลต่างสัญญาณ (Differential Amp) และ วงจรขยายสัญญาณแบบกลับเฟส(Inverting Amp) ที่ทำหน้าที่ปรับแต่งเชิงเส้น และมีวงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำ(Low pass Filter) เพื่อกรองสัญญาณรบกวนความถี่ต่ำทางเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของวงจรสามารถต่อกับมัลติมิเตอร์ทั่วไปได้ นอกจากนี้สามารถนำไปต่อกับอินพุตของวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล(A/D converter)

3.2.3 วงจรสมบูรณ์สำหรับวัดความเค็ม



รูปที่ 3.4 วงจรสมบูรณ์สำหรับวัดความเค็ม

XR-2206 เป็นIC กำเนิดสัญญาณ วงจรรวม ดังแสดงในรูปที่ 3.4 ที่มีความสามารถในการผลิตคลื่นรูปไซน์ที่มีคุณภาพสูง ความถูกต้องของสัญญาณเอาต์พุตสูง รูปคลื่นสามารถปรับความกว้างและความถี่ของสัญญาณได้ สามารถปรับค่าแอมพลิจูด 0.01HZ ถึง 1MHz โดย IC XR2206เหมาะสำหรับการสื่อสาร การใช้งานเครื่องกำเนิดสัญญาณต่างๆ ได้ จากวงจรจะประกอบด้วยส่วนใหญ่ 3 ส่วนคือ

1. ส่วนวงจรสร้างสัญญาณคลื่นรูปไซน์(Sine wave) ซึ่งนำมาใช้งานกับวงจรวัดค่าความเค็ม โดยวงจรสร้างสัญญาณคลื่นรูปไซน์จะสามารถปรับค่าความถี่ของสัญญาณ โดยขึ้นอยู่กับค่าของคาปาซิเตอร์ที่ต่ออยู่ระหว่างขา 5 กับขา 6 ของ RX2206 และค่ารีซิสเตอร์ที่ขา 7 ของ RX2206 จะสามารถเพิ่มและลดค่าความถี่ ของสัญญาณคลื่นรูปไซน์ที่ออกมาได้ โดยมี VR1 และ VR3 จะทำหน้าที่เป็นตัวปรับอัตราขยายของวงจร และมี VR2 เป็นตัวปรับให้รูปสัญญาณคลื่นรูปไซน์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

2. ส่วนเอาต์พุตRX2206 โดยที่เอาต์พุตของRX2206 จะอยู่ที่ขา2 จะผ่านคาปาซิเตอร์ ทำหน้าที่ตัดสัญญาณไฟกระแสตรงออก ให้มีแต่ไฟกระแสสลับเพื่อใช้กับวงจรในภาคถัดไป โดยมี ทรานซิสเตอร์ จะต่อแบบคอมมอนคอลเลคเตอร์เป็นการป้อนสัญญาณอินพุตที่ขาเบส จะมีผลให้กระแสเบสเปลี่ยนไปตามสัญญาณแรงดันอินพุตที่เข้ามา ส่งผลทำให้ทางด้านเอาต์พุตมีการขยายกระแสอิมิตเตอร์ และเกิดเป็นสัญญาณแรงดันเอาต์พุต มีเฟสเดียวกันกับสัญญาณแรงดันอินพุต หรือเรียกว่าเป็นวงจรบัฟเฟอร์ เพื่อที่ป้องกันการดึงกระแสซึ่งกระแสที่ใช้ในวงจรถัดไปต้องการกระแสมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สวนของวงจรเรียงกระแส โดยที่จะมีโพรบเป็นตัวเปลี่ยนแปลงค่าของแรงดันไฟสลับ ก่อนที่จะถึง ส่วนของวงจรเรียงกระแสแบบฮาฟเวฟ โดยวงจรเรียงกระแสแบบฮาฟเวฟ จะทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงไฟฟ้าสลับเป็นไฟกระแสตรง ค่าความต้านทานของโพรบที่เปลี่ยนแปลงจะทำให้ค่า เอาต์พุตของวงจรเรียงกระแสเปลี่ยนแปลงด้วย ซึ่งเอาต์พุตจะเป็นไฟกระแสตรงที่ต่อเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์

การคำนวณ

การคำนวณหาขนาดความต้านทานของโพรบ กำหนดค่าความเค็มที่วัดอยู่ที่ 0.5-40 ppt โดยที่ 1dS/m =1mS/cm จากตารางที่ 2.7 หน้าที่ 15 ภาคผนวกคู่มือการใช้งานอุปกรณ์ ดังนั้น σ = 0.08-56 mS/cm ด้วยสมการที่ 3.1 และสมการที่ 3.2 โดยที่ σ คือสภาพความนำไฟฟ้า

หาค่าความต้านทานของโพรบที่ ค่าความเค็ม 40 ppt ที่ σ = 56 mS/cm

จากสูตร $$\rho = \frac{1}{\sigma} \qquad (3.1)$$

แทนค่า $$\rho = \frac{1}{56\times10^{-3}} = 17.857$$

โดยที่ ρ คือ สภาพความต้านทานไฟฟ้า

จากสูตร $$R = \frac{\rho L}{A} \qquad (3.2)$$

โดยที่ R คือ ค่าความต้านทาน หน่วยเป็น Ω

L คือ ความยาวของแผ่นโพรบ หน่วยเป็น cm

A คือ พื้นที่สี่เหลี่ยม หน่วยเป็น cm^2

แทนค่า $$R = \frac{17.857\times1}{1} = 17.857\ \Omega$$

หาค่าความต้านทานของโพรบที่ ค่าความเค็ม 0.5 ppt ที่ σ = 0.08 mS/cm

จากสูตร $$\rho = \frac{1}{\sigma}$$

แทนค่า $$\rho = \frac{1}{0.08\times10^{-3}} = 12500$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสูตร $$R = \frac{\rho L}{A}$$

แทนค่า $$R = \frac{12500 \times 1}{1} = 12K5\ \Omega$$

ดังนั้น จะเห็นว่าค่าความต้านทานของโพรบความเค็ม 0.5-40 ppt จะอยู่ที่ 17.857 Ω - 12k5 Ω

คำนวณหาแอมพลิจูดคลื่นรูปไซน์ ที่ตกคร่อมR_8 กำหนดให้แรงดัน V_{dc} ที่ใช้ในการเขียนกราฟอยู่ในช่วง 0 – 2 V_{dc} ด้วยสมการที่ 3.3 และสมการที่ 3.4

จากสูตรวงจรเร็กติไฟร์ แบบ Half wave $$V_{dc} = \frac{V_p}{\pi} \quad (3.3)$$

$$V_p = \sqrt{2} V_{rms} \quad (3.4)$$

โดยที่ V_p = แรงดันสูงสุดของสัญญาณไฟสลับ

V_{rms} = ค่าแรงดัน อาร์.เอ็ม.เอส

π = 3.14

แทนค่า หา V_{rms} ที่ V_{dc}= 2 V ; $V_p = 2 \times \pi = 6.258$ V

$$V_{rms} = \frac{6.258}{\sqrt{2}} = 4.425$$

ดังนั้น แรงดัน V_{rms} ที่ตกคร่อม R_8 = 4.425 V

คำนวณหาแรงดันอินพุต V_{rms} ของสัญญาณคลื่นรูปไซน์ โดยที่ R_{Probe} 17.857 Ω และกำหนดให้ R_8 = 68 Ω โดยใช้วิธีการแบ่งแรงดัน ด้วยสมการที่ 3.5 จะได้ว่า

จากสูตร $$V_{R8} = \frac{R_8 \times V_{in\ RMS}}{R_8 + R_{Probe}} \quad (3.5)$$

แทนค่า $$4.425 = \frac{68 \times V_{in\ RMS}}{68 + 17.85}$$

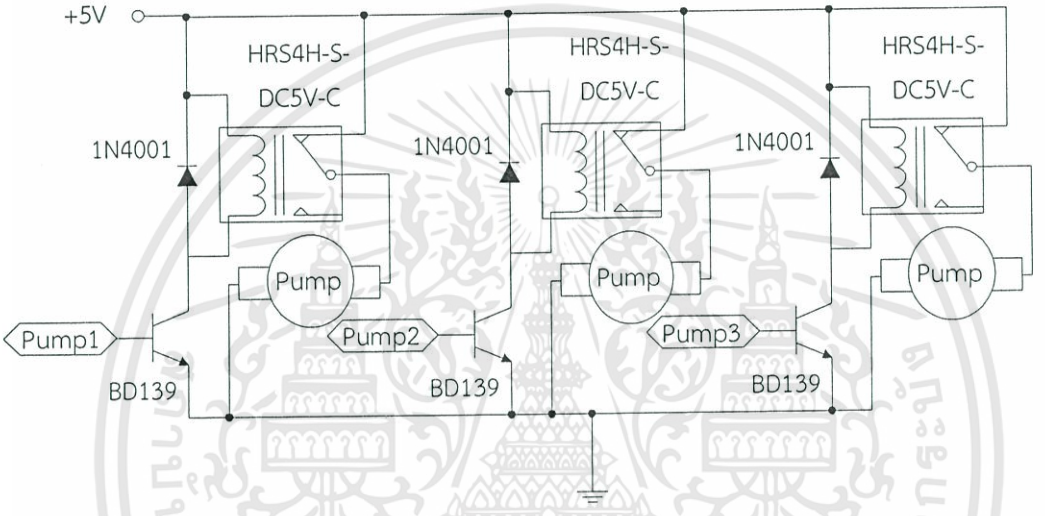
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V_{in\ RMS} = \frac{4.425(68+17.85)}{68}$$

$$V_{in\ RMS} = 5.586\ V$$

ดังนั้น ถ้าปรับค่าแอมพลิจูดให้ได้ 5.586 V จะได้แรงดันเอาต์พุตของวงจรเร็กติไฟร์ V_{dc} = 2 V

3.2.4 วงจรขับมอเตอร์ 5V



รูปที่ 3.5 วงจรขับมอเตอร์ 5V

วงจรขับมอเตอร์ออกแบบเพื่อนำไปขับมอเตอร์ในส่วนของการเก็บน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 3.5 การทำงานของวงจรเริ่มจากป้อนแรงดัน 5V ให้วงจร โดยมีไดโอด 1N4001 ทำหน้าที่ป้องกันการไหลย้อนกลับของแรงดันที่มาจากมอเตอร์ โดยค่า 1N4001 จะป้องกันแรงดันย้อนกลับอยู่ที่ 50Vเพื่อไม่ให้วงจรในภาคอื่นๆ เกิดการเสียหาย และมีทรานซิสเตอร์ เป็นสวิตช์ทางอิเล็กทรอนิกส์ ให้ขาเบส(Base,B)ของทรานซิสเตอร์ต่อเข้ากับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ในสภาวะปกติไมโครคอนโทรลเลอร์มีลอจิกเป็น 0 จึงไม่มีแรงดันไปไบอัสที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ทำให้ทรานซิสเตอร์ ทำงานเป็นสวิตช์เปิดแรงดันไฟฟ้าไม่สามารถไหลจากขาคอลเลคเตอร์(Collector,C) ไปยังขาอิมิตเตอร์(Emitter, E) ของทรานซิสเตอร์ได้ วงจรจึงไม่สามารถทำงานได้ มอเตอร์จึงไม่หมุน เมื่อสภาวะที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ป้อนเป็นลอจิก 1 จึงมีแรงดันไปไบอัสที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ทำให้แรงดันไฟฟ้าไหลจากขาคอลเลคเตอร์ไปขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ จึงทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานเป็นสวิตช์ปิด จะมีแรงดันไหลผ่านขดลวดรีเลย์เหนี่ยวนำให้ผลักหน้าสัมผัสจากขา NC ไปยังขา NO ทำให้การทำงานครบวงจรมีแรงดัน 7.4 แรงดันไปขับให้มอเตอร์ที่ต่ออยู่กับขดลวดหมุนแล้วทำให้มอเตอร์ปั๊มน้ำเริ่มทำงานการคำนวณหากระแสโหลด I_c โดยที่แรงดันไฟเลี้ยงรีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่ากับ 5V และให้ค่าความต้านทานโหลดรีเลย์มีค่าเท่ากับ 55Ω ในขณะรีเลย์ทำงานตามในคู่มือการใช้งานอุปกรณ์(data sheet) ดังสมการที่ 3.6

จากวงจร $$I_c = \frac{\text{แรงดันไฟเลี้ยงรีเลย์}}{\text{ค่าความต้านทานโหลดรีเลย์}} \quad (3.6)$$

แทนค่า $$I_c = \frac{5}{55}$$

$$I_c = 90.9\text{mA}$$

ดังนั้นกระแสคอลเลคเตอร์โหลดสูงสุด I_c(max) ของทรานซิสเตอร์ต้องมากกว่ากระแสโหลด I_c คำนวณหาเกนกระแสต่ำสุด $h_{FE}(\text{min})$ โดยที่ $h_{FE}(\text{min})$ อย่างน้อยต้องเป็น 5 เท่าของกระแสโหลด I_c กระแสโหลด I_c= 90.9mA และกระแสไมโครคอนโทรลเลอร์สูงสุดเท่ากับ 25mA คำนวณดังสมการที่ 3.7

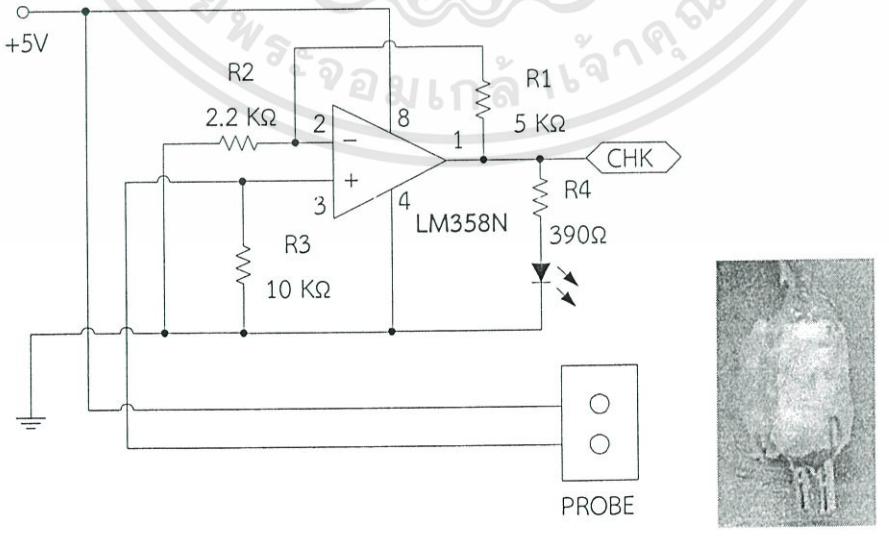
จากวงจร $$h_{FE}(\text{min}) = 5 \times \frac{\text{กระแสโหลด } I_C}{\text{กระแสไมโครคอนโทรลเลอร์สูงสุด}} \quad (3.7)$$

แทนค่า $$h_{FE}(\text{min}) = 5 \times \frac{90.9\times10^{-3}}{25\times10^{-3}}$$

$$h_{FE}(\text{min}) = 18.18$$

ดังนั้น เกนกระแสต่ำสุด $h_{FE}(\text{min})$ ที่ใช้ควรอยู่ที่ 18.18 หรือมากกว่านี้

3.2.5 วงจรขยายแรงดัน



รูปที่ 3.6 วงจรขยายแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรขยายแรงดัน ดังแสดงในรูปที่ 3.6 เป็นวงจรวงจรออปแอมป์ขยายแรงดันแบบไม่กลับเฟส โดยจะประยุกต์ใช้งานให้เป็นวงจรเซ็นเซอร์ความนำไฟฟ้าของน้ำ เมื่อนำโพรบเตะน้ำ จะมีกระแสไหลผ่านโพรบ โดยที่โพรบจะทำหน้าที่จำกัดกระแสของ R3 และR3 เป็นแรงดันอ้างอิงของวงจร โดยมี R1 กับ R2 เป็นตัวขยายแรงดันของวงจร เพื่อที่จะทำให้แรงดันเอาต์พุตมีค่าเท่ากับ 5 V ซึ่งแรงดัน 5 V จะเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อสั่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานในส่วนถัดไป

คำนวณ

คำนวณหาค่าแรงดันอ้างอิง จากวงจรในรูปที่ 3.6 คำนวณหาค่า R_3 โดยใช้วิธีการแบ่งแรงดันระหว่าง R_{probe} กับ R_3 ที่แรงดันอ้างอิง V_{R3} = 2.22 และ V_{cc} = 5V R_{probe}= 12k5 จากการคำนวณหาค่าความต้านทานโพรบที่ความเค็มอยู่ที่ 0.5 ppt ของวงจรวัดค่าความเค็มในวงจรรูปที่ 3.4 คำนวณด้วยสมการที่ 3.7

$$V_{R3} = \frac{V_{cc} \times R_3}{R_3 + R_{probe}} \qquad (3.7)$$

แทนค่าเพื่อหา R_3 ;

$$2.22 = \frac{5 \times R_3}{R_3 + 12k5}$$

$$2.22\,(R_3 + 12k5) = 5 \times R_3$$

$$2.22R_3 + 27k75 = 5R_3$$

$$27k75 = 5R_3 - 2.22R_3$$

$$R_3 = \frac{27k75}{2.78}$$

$$R_3 = 9k98$$

หาอัตราขยายที่ให้ค่าเอาต์พุตมีค่าเท่ากับ 5V เพื่อไปใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์จะได้

$$A_V = \frac{5}{2.22}$$

$$A_V = 2.25$$

จะต้องใช้อัตราขยาย 2.25 เท่า เพื่อที่จะให้เอาต์พุตมีค่าเท่ากับ 5*V*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจร วิเคราะห์วงจรแบบโนด KCL โดย V_{R3} คือแรงดันอ้างอิง

$$\frac{V_{R3}-0}{R_2}+\frac{V_{R3}-V_{out}}{R_1}=0$$

$$\frac{V_{R3}}{R_2}+\frac{V_{R3}-V_{out}}{R_1}=0$$

$$\frac{V_{R3}}{R_2}=\frac{-V_{R3}+V_{out}}{R_1}$$

$$V_{out}=\frac{R_1V_{R3}+V_{R3}}{R_2}$$

$$\frac{V_{out}}{V_{R3}}=\left(\frac{R_1+1}{R_2}\right)$$

$$AV=\left(\frac{R_1+1}{R_2}\right)$$

กำหนดให้ $R_1 = 5k$

แทนค่าเพื่อหาค่า R_2;

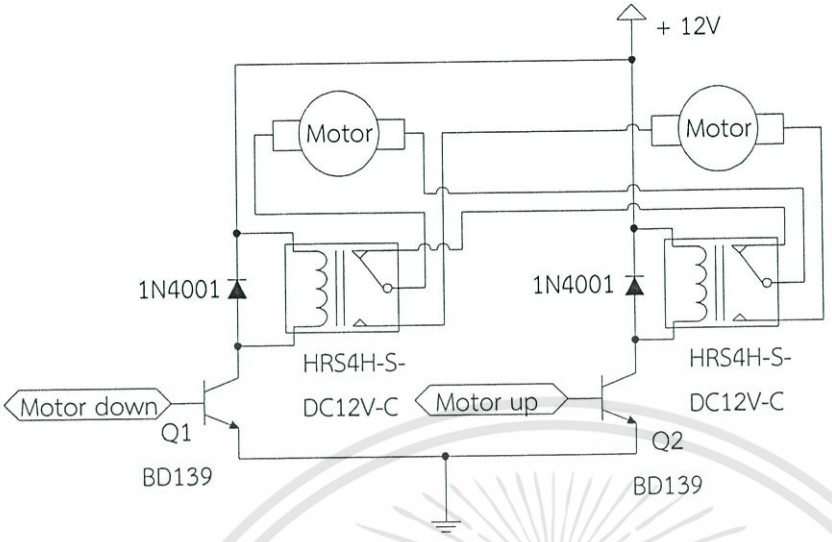
$$5=\left(\frac{5k+1}{R_2}\right)$$

$$R_2=\left(\frac{5k+1}{2.25}\right)$$

$$R_2 = 2k22$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.6 วงจรขับและกลับทิศทางมอเตอร์ 12V



รูปที่ 3.7 วงจรขับและกลับทิศทางมอเตอร์ 12V

วงจรขับและกลับทิศทางมอเตอร์ 12Vออกแบบเพื่อนำไปขับมอเตอร์ในส่วนของการดึงขึ้นและดึงลงเครื่องตรวจสอบคุณภาพน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 3.7 การทำงานของวงจรเริ่มจากป้อนแรงดัน 12V ให้วงจร โดยมีไดโอด 1N4001 ทำหน้าที่ป้องกันการไหลย้อนกลับของแรงดันที่มาจากมอเตอร์ โดยค่า 1N4001 จะป้องกันแรงดันย้อนกลับอยู่ที่ 50V เพื่อไม่ให้วงจรในภาคอื่นๆ เกิดการเสียหาย และมีทรานซิสเตอร์Q1 และQ2 เป็นสวิตช์ทางอิเล็กทรอนิกส์ให้ขาเบสของทรานซิสเตอร์Q1 และQ2 ต่อเข้ากับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะใช้ รีเลย์และทรานซิสเตอร์ อย่างละสองตัว เพราะจะทำงานเป็นสองช่วง โดยช่วงแรกเป็นการป้อนไฟบวกเข้ามอเตอร์เพื่อให้มอเตอร์ดึงเครื่องตรวจสอบคุณภาพน้ำขึ้นมา โดยการทำงานในสภาวะปกติไมโครคอนโทรลเลอร์มีลอจิกเป็น 0 จึงไม่มีแรงดันไปไบอัสที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 และQ2 ทำให้ทรานซิสเตอร์Q1 และ Q2ทำงานเป็นสวิตช์เปิดแรงดันไฟฟ้าไม่สามารถไหลจากขาคอลเลคเตอร์ไปยังขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์Q1 และQ2 ได้ วงจรจึงไม่สามารถทำงานได้ มอเตอร์จึงไม่หมุน เมื่อสภาวะที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ป้อนเป็นลอจิก 1 ที่ Q1 โดย Q2 เป็นลอจิก 0 จึงมีแรงดันไปไบอัสที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 ทำให้แรงดันไฟฟ้าไหลจากขาคอลเลคเตอร์ไปขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 จึงทำให้ทรานซิสเตอร์ Q1 ทำงานเป็นสวิตช์ปิด จะมีแรงดันไฟไหลผ่านขดลวดรีเลย์เหนี่ยวนำให้ผลักน่าสัมผัสจากขา NC ไปยังขา NO ทำให้การทำงานครบวงจรจะมีแรงดันไฟบวก 12V ไหลผ่านรีเลย์ ไปขับให้มอเตอร์ที่ต่ออยู่กับขดลวดทำงาน มอเตอร์หมุนดึงเครื่องตรวจสอบคุณภาพน้ำขึ้นสู่ผิวน้ำ และเมื่อสภาวะที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ป้อนเป็นลอจิก 1 ที่ Q2 โดย Q1 เป็นลอจิก 0 จึงมีแรงดันไปไบอัสที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q2 ทำให้แรงดันไฟฟ้าไหลจากขาคอลเลคเตอร์ไปขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q2 จึงทำให้ทรานซิสเตอร์ Q2 ทำงานเป็นสวิตช์ปิด จะมีแรงดันไฟไหลผ่านขดลวด รีเลย์เหนี่ยวนำให้ผลักน่าสัมผัสจากขา NC ไปยังขา NO ทำให้การทำงานครบวงจร จะมีแรงดันไฟลบ 12V ไหลผ่านรีเลย์ ไปขับให้มอเตอร์ที่ต่ออยู่กับขดลวดทำงาน มอเตอร์หมุนปล่อยเครื่องตรวจสอบคุณภาพน้ำลงสู่ผิวน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณ

การคำนวณหา กระแสโหลด I_c โดยที่แรงดันไฟเลี้ยงรีเลย์เท่ากับ 12V และให้ค่าความต้านทานโหลดรีเลย์เท่ากับ 320Ω ในขณะรีเลย์ทำงานตามในคู่มือการใช้งานอุปกรณ์ ดังสมการที่ 3.6

จากวงจร
$$I_c = \frac{\text{แรงดันไฟเลี้ยงรีเลย์}}{\text{ค่าความต้านทานโหลดรีเลย์}} \qquad (3.6)$$

แทนค่า
$$I_c = \frac{12}{320}$$

$$I_c = 37.5\text{mA}$$

ดังนั้นกระแสคอลเลคเตอร์โหลดสูงสุด $I_c(\text{max})$ ของทรานซิสเตอร์ต้องมากกว่ากระแสโหลด I_c

คำนวณหา เกนกระแสต่ำสุด $h_{FE}(\text{min})$ โดยที่ $h_{FE}(\text{min})$ อย่างน้อยต้องเป็น 5 เท่าของกระแสโหลด I_c กระแสโหลด I_c = 37.5mA และกระแสไมโครคอนโทรลเลอร์สูงสุดเท่ากับ 25mA ดังสมการที่ 3.7

จากวงจร
$$h_{FE}(\text{min}) = 5 \times \frac{\text{กระแสโหลด } I_c}{\text{กระแสไมโครคอนโทรลเลอร์สูงสุด}} \qquad (3.7)$$

แทนค่า
$$h_{FE}(\text{min}) = 5\times \frac{37.5\times10^{-3}}{25\times10^{-3}}$$

$$h_{FE}(\text{min}) = 7.5$$

ดังนั้น เกนกระแสต่ำสุด $h_{FE}(\text{min})$ ที่ใช้ควรอยู่ที่ 7.5 หรือมากกว่านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบทางด้านซอฟแวร์ (Software)

ในการออกแบบทางด้านซอฟแวร์ ถือว่าเป็นส่วนสำคัญอีกอย่างหนึ่ง เครื่องวัดคุณภาพน้ำจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงานของเครื่องทั้งหมด ดังนั้นการเขียนซอฟแวร์จึงเป็นส่วนที่สำคัญเป็นอย่างมาก อีกทั้งการเขียนผังงานนั้นจะเป็นการบอกขั้นตอนการทำงานของเครื่อง โดยต้องกำหนดลำดับก่อนหลังที่จะทำให้การทำงานของเครื่องทำงานอย่างมีระบบแบบแผนและมีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งจะช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในส่วนของการซื้ออุปกรณ์ในการทำงาน ช่วยประหยัดเวลาในการทำงาน และยังช่วยลดค่าความผิดพลาดในการทำงาน ในการออกแบบซอฟแวร์นั้นจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนเครื่องวัดคุณภาพน้ำ และส่วนระบบปล่อยเครื่องขึ้นลงอัตโนมัติ

ในส่วนเครื่องวัดคุณภาพน้ำสามารถอธิบายการออกแบบและอธิบายขั้นตอนทำงานได้ดังนี้

1. โปรแกรมจะเริ่มทำงานเมื่อเปิดเครื่อง จากนั้นจะเข้าสู่หน้าเมนู โดยเมนูจะให้ทำการเลือกระหว่างเขียนข้อมูลกับการอ่านข้อมูล

2. ถ้าเลือกการอ่านข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการดึงค่าที่เก็บไว้ในอีอีพรอม ครั้งล่าสุดที่เก็บค่าไว้มาแสดงทางหน้าจอแอลซีดี

3. ถ้าเลือกการเขียนข้อมูล เมนูจะให้เลือกจำนวนระดับความลึกจากผิวน้ำที่ต้องการเพื่อสั่งงานให้เครื่องวัดคุณภาพน้ำให้ทำงาน ซึ่งสามารถเลือกได้ 1-3 ระดับความลึก จากนั้นกดตกลง

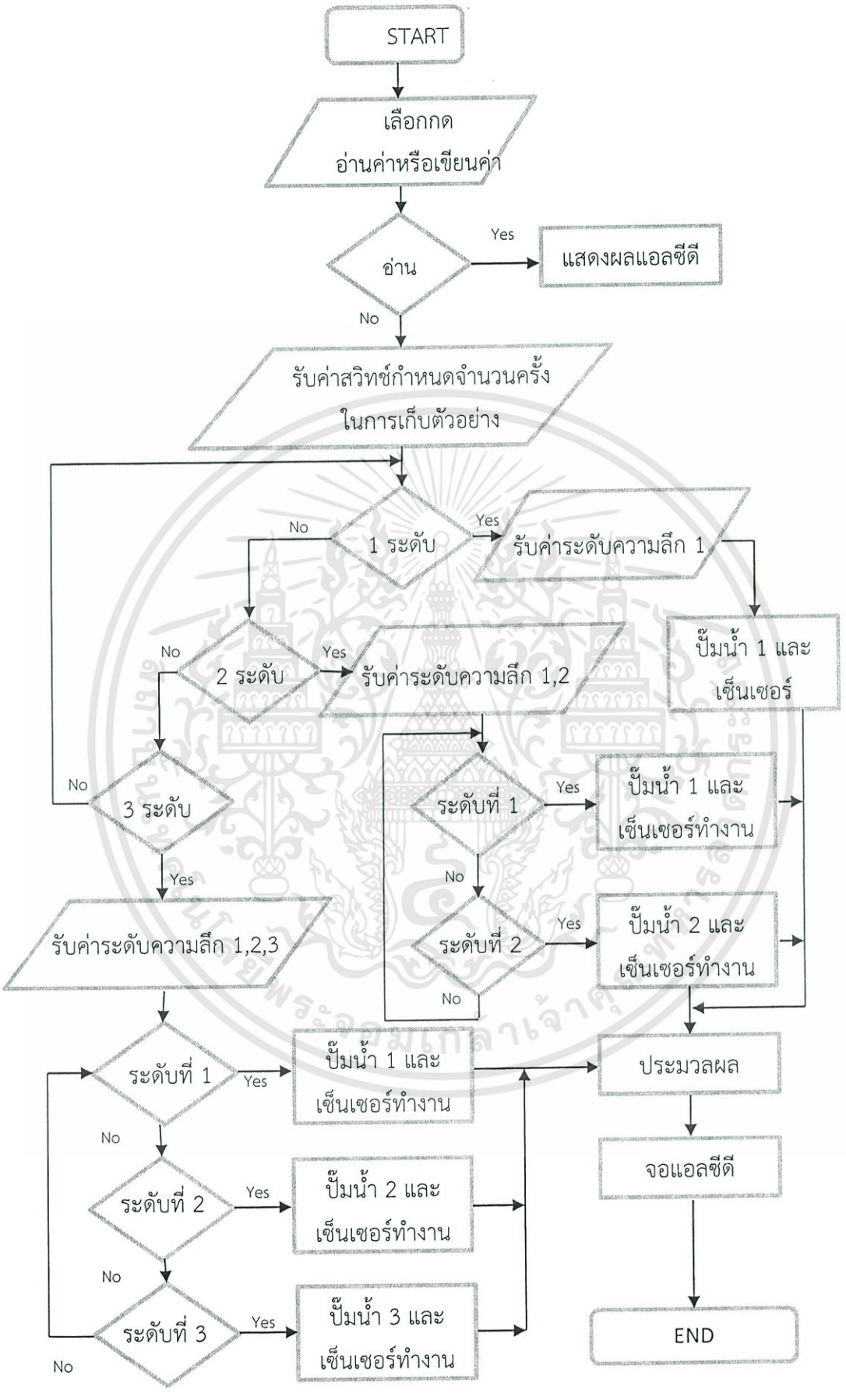
4. เมื่อกดเลือกจำนวนระดับความลึกที่ต้องการแล้ว จากนั้นทำการระบุจำนวนระดับความลึกจากผิวน้ำที่ต้องการเพื่อสั่งงานไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการสั่งงานให้อุปกรณ์ต่างๆ ของเครื่องวัดคุณภาพน้ำให้ทำงาน โดยสามารถตั้งค่าความลึกตั้งแต่ 0 – 30 เมตร ที่ความละเอียด 1.00

5. เมื่อกดปุ่มตกลง เมื่อเซ็นเซอร์ตรวจสอบระดับผิวน้ำสัมผัสน้ำ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำงาน เมื่อเครื่องวัดคุณภาพน้ำลงสู่ระดับความลึกที่ต้องการไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้ปั๊มน้ำดูดน้ำจนเต็มกระบอกเก็บพร้อมกันนี้เซ็นเซอร์วัดออกซิเจนในน้ำ เซ็นเซอร์วัดพีเอช เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ และเซ็นเซอร์วัดความเค็ม ทำการวัดค่าต่างๆ แล้วนำค่าที่ได้ส่งข้อมูลไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลและเก็บค่าออกซิเจนในน้ำ ค่าพีเอช ค่าอุณหภูมิ และค่าความเค็มที่วัดได้ไว้ในอีอีพรอม จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการวัดค่าออกซิเจนในน้ำ ค่าพีเอช ค่าอุณหภูมิ และค่าความเค็ม พร้อมกับเก็บตัวอย่างน้ำจนครบทุกระดับน้ำที่สั่งงานไว้

6. เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการวัดค่า และเก็บตัวอย่างน้ำจนครบทุกระดับน้ำที่สั่งงานไว้เสร็จเรียบร้อย ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการดึงค่าที่เก็บไว้ในอีอีพรอม มาแสดงทางหน้าจอแอลซีดี

จากขั้นตอนดังกล่าวสามารถเขียนแผนผังการทำงานของเครื่องวัดคุณภาพน้ำที่มีการควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้ดังรูปที่ 3.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 แสดงการทำงานแผนผัง (Flowchart) ส่วนเครื่องวัดคุณภาพน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

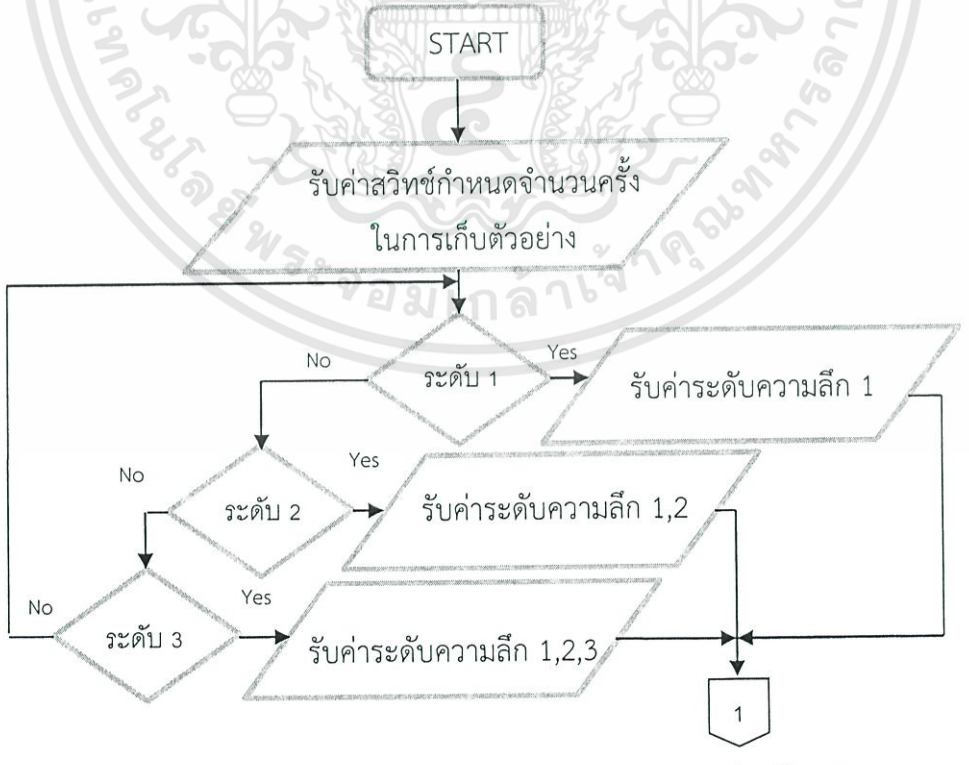
ส่วนระบบปล่อยเครื่องขึ้นลงอัตโนมัติสามารถอธิบายการออกแบบและอธิบายขั้นตอนทำงานได้ดังนี้

1. โปรแกรมจะเริ่มทำงานเมื่อเปิดเครื่อง จากนั้นจะเข้าสู่หน้าเมนู โดยเมนูจะให้เลือกจำนวนระดับความลึกจากผิวน้ำที่ต้องการเพื่อสั่งงานให้เครื่องวัดคุณภาพน้ำให้ทำงาน ซึ่งสามารถเลือกได้ 1-3 ระดับความลึก จากนั้นกดตกลง

2. เมื่อกดเลือกจำนวนระดับความลึกที่ต้องการ จากนั้นทำการระบุจำนวนระดับความลึกจากผิวน้ำที่ต้องการโดยสามารถตั้งค่าความลึกตั้งแต่ 0-30 เมตร ที่ความละเอียด 1.00 จากนั้นกดตกลง

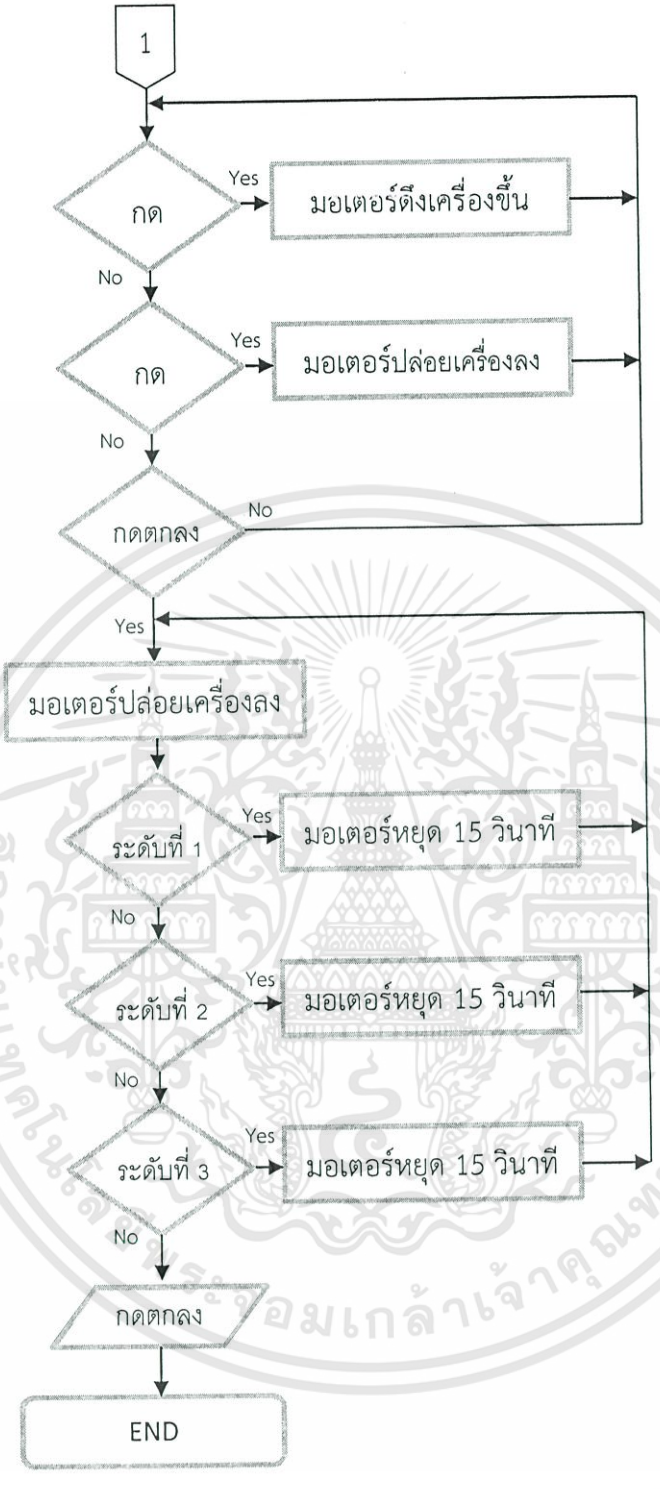
3. เมื่อกดเลือกจำนวนและระดับความลึกที่ต้องการแล้ว เมนูจะให้เลือก ถ้ากดสวิตช์ขึ้น มอเตอร์จะทำการดึงเครื่องขึ้น ถ้ากดสวิตช์ลง มอเตอร์จะทำการปล่อยเครื่องลง เพื่อปรับแต่งให้เครื่องวัดคุณภาพน้ำให้อยู่ในระดับที่ต้องการซึ่งต้องให้เซ็นเซอร์เช็คระดับผิวน้ำของเครื่องวัดคุณภาพน้ำอยู่เหนือผิวน้ำเล็กน้อย จากนั้นกดตกลงเพื่อปล่อยเครื่องวัดคุณภาพน้ำลงสู่ระดับความลึกที่ต้องการ เมื่อถึงระดับความลึกที่ต้องการไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้มอเตอร์หยุดทำงานเป็นเวลา 15 วินาที เพื่อรอให้เครื่องวัดคุณภาพน้ำทำงาน ถ้ามีจำนวนระดับความลึกมากกว่า 1 ระดับ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้มอเตอร์ปล่อยเครื่องลงสู่ระดับความลึกที่ต้องการต่อไป เมื่อครบทุกระดับน้ำที่สั่งงานไว้เสร็จเรียบร้อย ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการสั่งให้มอเตอร์ดึงเครื่องขึ้นสู่ผิวน้ำ เมื่อเครื่องขึ้นสู่ผิวน้ำให้กดปุ่มตกลง เพื่อทำการหยุดการทำงานของมอเตอร์ดึงเครื่อง

จากขั้นตอนดังกล่าวสามารถเขียนแผนผังการทำงานของระบบปล่อยเครื่องขึ้นลงอัตโนมัติที่มีการควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 แสดงการทำงานแผนผัง (Flowchart) ส่วนระบบปล่อยเครื่องขึ้นลงอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9(ต่อ) แสดงการทำงานแผนผัง (Flowchart) ส่วนระบบปล่อยเครื่องขึ้นลงอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

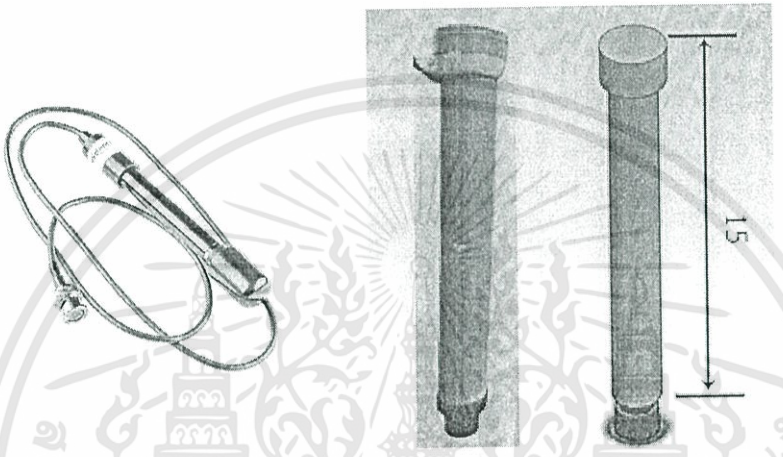
3.4 การออกแบบโครงสร้างและส่วนต่างๆของเครื่องวัดคุณภาพน้ำ

ในการออกแบบโครงสร้าง จะมีการคำนึงถึงส่วนต่างๆ เมื่อมีการลงในน้ำ แล้วสามารถทำให้มีแรงต้านกับน้ำได้น้อยที่สุด การออกแบบจะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ลงน้ำ และส่วนที่อยู่ด้านบนผิวน้ำ

3.4.1 โครงสร้างส่วนเก็บข้อมูลใต้น้ำ

ส่วนที่ลงน้ำ คือ ส่วนที่สามารถลงไปใต้น้ำได้ 0-30 เมตร ซึ่งต้องมีการออกแบบให้มีแรงต้านน้ำน้อยที่สุด คำนึงถึงแรงดันน้ำ และการลงสู่น้ำทะเลในแนวดิ่ง

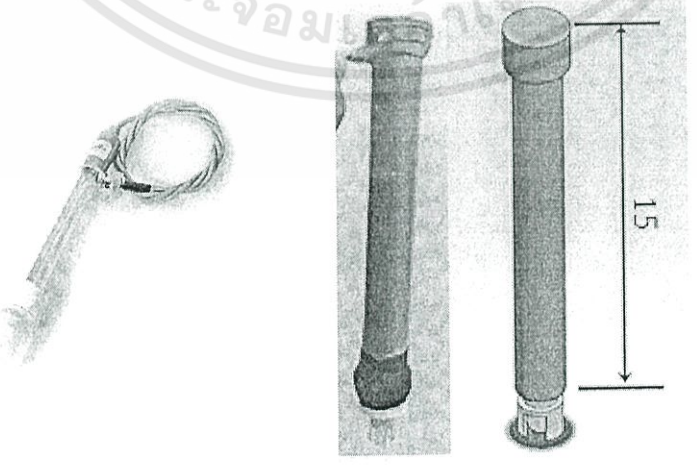
1. โพรบเซ็นเซอร์ออกซิเจนในน้ำ



รูปที่ 3.10 แสดงโพรบเซ็นเซอร์ออกซิเจนในน้ำ

โพรบเซ็นเซอร์ออกซิเจนในน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 3.10 จะมีการออกแบบเพื่อป้องกันส่วนของตัวโพรบ ในการซึมเข้าของน้ำและกันการกระแทก โดยใช้ท่อพีวีซีหุ้มส่วนของตัวโพรบ ซึ่งท่อพีวีซีจะทนต่อการกัดกร่อนของน้ำทะเลได้ดี ไม่เกิดสนิม มีขนาดความสูงเท่ากับ 15 เซนติเมตร โดยความสูงของท่อจะออกแบบเพื่อที่จะให้อยู่ระหว่างตัวปั๊มน้ำกับตัวยึดด้านล่างพอดี

2. โพรบเซ็นเซอร์พีเอช



รูปที่ 3.11 แสดงโพรบเซ็นเซอร์พีเอช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

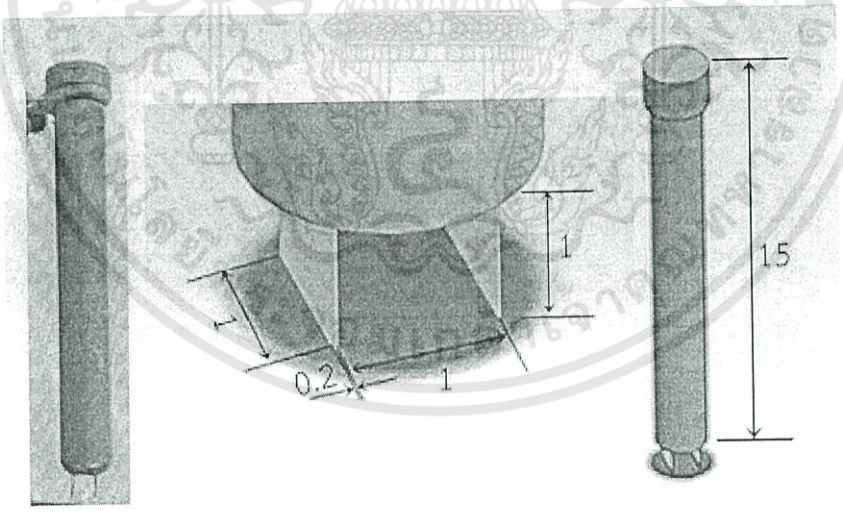
โพรบเซ็นเซอร์พีเอช ดังแสดงในรูปที่ 3.11 จะมีการออกแบบเหมือนโพรบออกซิเจนในน้ำ โดยจะมีการออกแบบเพื่อป้องกันส่วนของตัวโพรบ ในการซึมเข้าของน้ำและกันการกระแทก โดยใช้ท่อพีวีซีหุ้มส่วนของตัวโพรบ ซึ่งท่อพีวีซีจะทนต่อการกัดกร่อนของน้ำทะเลได้ดี ไม่เกิดสนิม มีขนาดความสูงเท่ากับ 15 เซนติเมตร โดยความสูงของท่อจะออกแบบเพื่อที่จะให้อยู่ระหว่างตัวปั๊มน้ำกับตัวยึดด้านล่างพอดี

3. โพรบเซ็นเซอร์อุณหภูมิ

รูปที่ 3.12 แสดงโพรบเซ็นเซอร์อุณหภูมิ

โพรบเซ็นเซอร์อุณหภูมิ ดังแสดงในรูปที่ 3.12 จะนำมาติดกับตัวเครื่องได้เลย เนื่องจากมีขนาดที่เล็กและยังไม่ต้องมีการเก็บโพรบอีกด้วย

4. โพรบเซ็นเซอร์ความเค็ม



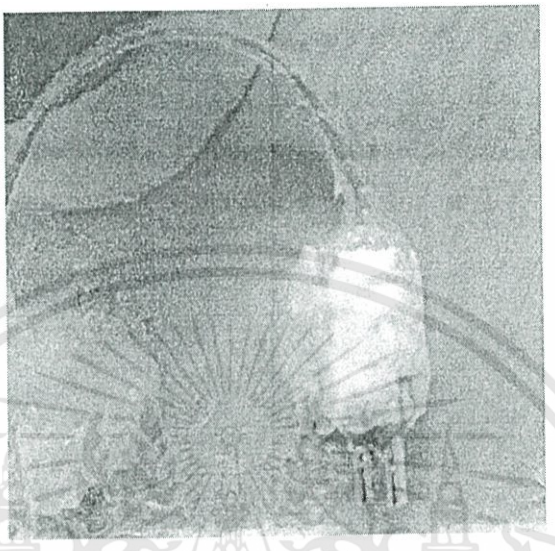
รูปที่ 3.13 แสดงโพรบความเค็ม

การออกแบบโพรบความเค็ม ดังแสดงในรูปที่ 3.13 ออกแบบเพื่อให้มีขนาดเล็กและเก็บรักษาได้ง่าย โดยลักษณะของแผ่นโพรบเป็นแผ่นสแตนเลส และแท่งหุ้มหัวโพรบเป็นท่อพีวีซี ทั้งสองเป็นชิ้นส่วนที่ทนต่อการกัดกร่อนของน้ำทะเลได้ดี ไม่เกิดสนิม ขนาดของแผ่นโพรบสแตนเลส เป็นทรงสี่เหลี่ยมจตุรัส มีหน้าสัมผัส 1 เซนติเมตร ความหนาของแผ่นโพรบ 0.2 เซนติเมตร โดยจะวางขนานกัน 2 แผ่น ความห่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อยู่ระหว่าง 1 เซนติเมตร เพื่อให้กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านน้ำโดยที่น้ำเป็นตัวกลางของการไหล ความสูงของตัวโพรบอยู่ที่ 15 เซนติเมตร ซึ่งการออกแบบความสูงให้อยู่ระหว่างตัวปั๊มน้ำกับตัวยึดด้านล่างพอดี เช่นเดียวกับโพรบออกซิเจนในน้ำ และโพรบพีเอช

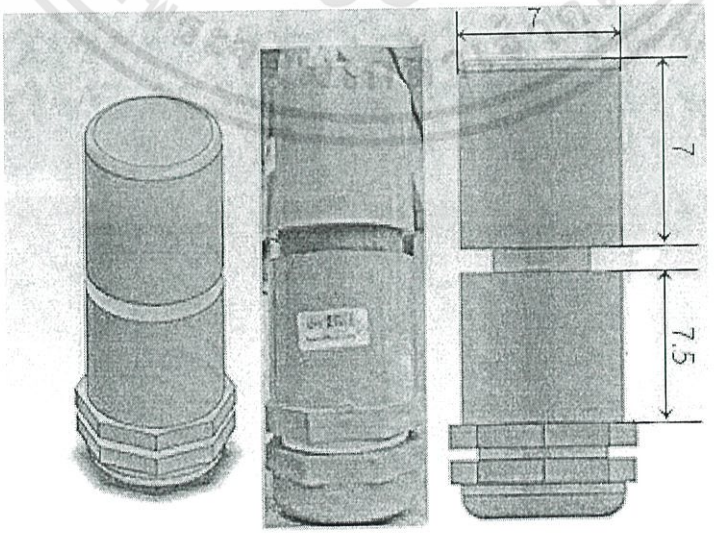
5. โพรบเซ็นเซอร์ความนำของน้ำ



รูปที่ 3.14 แสดงโพรบเซ็นเซอร์ความนำของน้ำ

โพรบเซ็นเซอร์ความนำของน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 3.14 ออกแบบมาเพื่อเป็นตัวเริ่มการทำงานของเครื่องวัดคุณภาพน้ำและใช้คู่กับวงจรขยายแรงดัน โดยลักษณะของโพรบจะเป็นแท่งสแตนเลส 2 แท่ง วางขนานกัน ซึ่งแท่งสแตนเลสจะทนต่อการกัดกร่อนของน้ำทะเลได้ดี ไม่เกิดสนิม มีหลักการทำงานโดยกระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านน้ำซึ่งน้ำเป็นตัวกลางของการไหล เมื่อโพรบเซ็นเซอร์ความนำของโดนน้ำวงจรจะเริ่มทำงาน

6. กระบอกเก็บน้ำ



รูปที่ 3.15 แสดงกระบอกเก็บน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบอกเก็บน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 3.15 สามารถเก็บน้ำได้ 596 มิลลิลิตร เนื่องจากว่าการเก็บน้ำขึ้นมาทดลองต้องการใช้น้ำในการทดลองออกซิเจนในน้ำถึง 200 มิลลิลิตร แล้วยังต้องแบ่งน้ำไปวัดค่าพีเอช และค่าความเค็มอีกด้วย โดยการออกแบบจะทำให้มีที่ตรงกลางกระบอกน้ำเป็นล๊อกกับส่วนลำตัวเครื่องวัดคุณภาพน้ำ และออกแบบให้มีการนำน้ำออกจากกระบอกเก็บได้อีกด้วย ซึ่งในการออกแบบจะมีปั๊มน้ำ เพื่อให้ปั๊มน้ำเข้าในเวลาที่กำหนด

คำนวณ ขนาดความยาวของกระบอก โดยเส้นรัศมีของท่อที่ใช้เท่ากับ 3.5 เซนติเมตร ซึ่งให้สามารถเก็บน้ำได้ในปริมาณต่ำสุดอยู่ที่ 500 มิลลิลิตร เพื่อนำตัวอย่างน้ำไปทดลองในห้องปฏิบัติการ

จากสูตร ปริมาตรน้ำ = $\pi r^2 L$

โดยที่ L คือ ความสูงของท่อน้ำ หน่วย เซนติเมตร

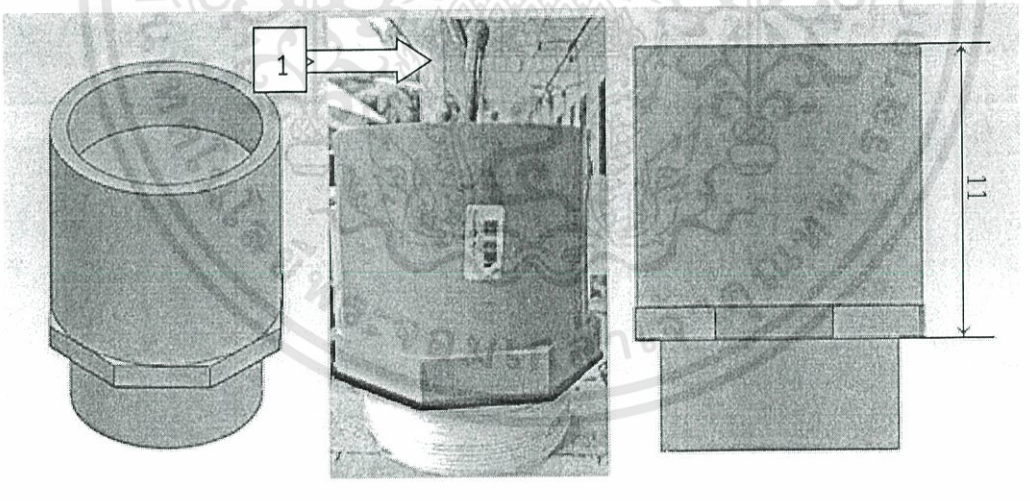
r คือ รัศมีของท่อน้ำ หน่วย เซนติเมตร

แทนค่า $500\ ml = 3.14 \times 3.5^2 \times L$

$L = 13$ เซนติเมตร

ดังนั้น ความสูงของท่อน้ำควรมีค่ามากกว่า 13 เซนติเมตร เพื่อให้เก็บตัวอย่างน้ำในปริมาณต่ำสุดของแต่ละกระบอกที่ 500 มิลลิลิตร

7. ส่วนฝาปิดด้านบน

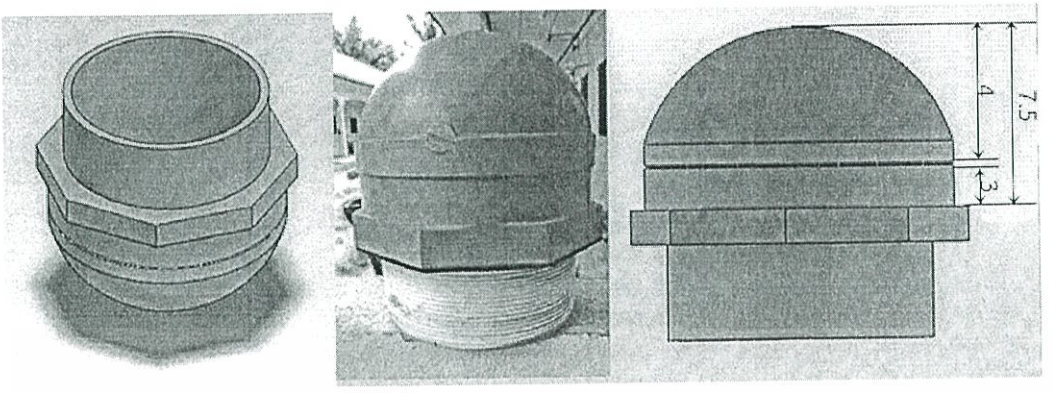


รูปที่ 3.16 แสดงส่วนฝาปิดด้านบน

ส่วนฝากปิดด้านบน ดังแสดงในรูปที่ 3.16 จะออกแบบให้มีการใส่วงจรรวมได้พอดีกับการปิดฝา เมื่อทดสอบใส่วงจรลงไปจะใช้ท่อขนาดมาตรฐานอยู่ แล้วส่วนด้านบนของท่อ (1) ยังสามารถทำล็อกขดลวดสลิง เพื่อให้มีการนำเครื่องวัดคุณภาพน้ำขึ้น-ลงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

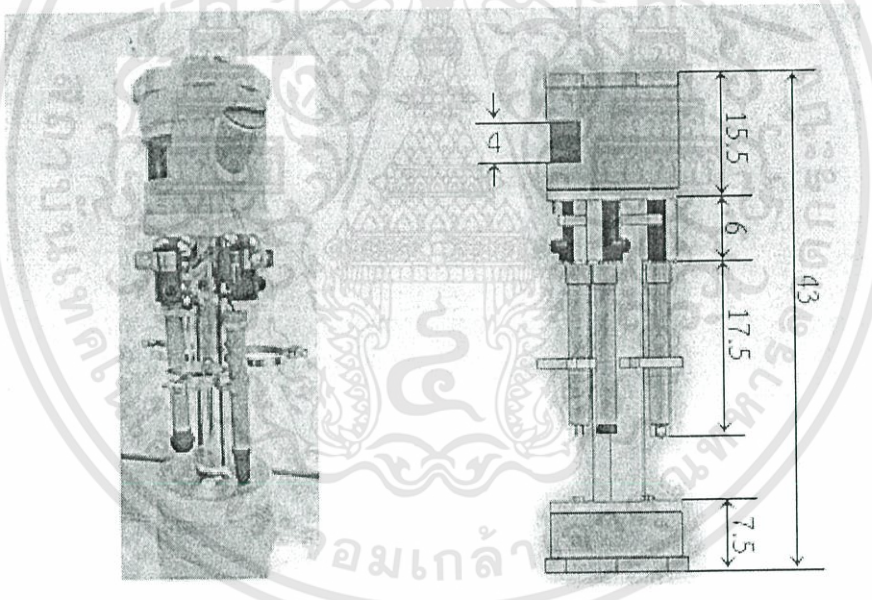
8. ส่วนฝาปิดด้านล่าง



รูปที่ 3.17 แสดงส่วนฝาปิดด้านล่าง

ส่วนฝาปิดด้านล่าง ดังแสดงในรูปที่ 3.17 จะออกแบบให้มีส่วนโค้งมล เพื่อลดแรงต้านทานของน้ำกับตัวเครื่องวัดคุณภาพน้ำ และยังเป็นส่วนที่ใช้เก็บแบตเตอรี่และวงจรรีเลย์ 5V

9. ส่วนลำตัวเครื่องวัดคุณภาพน้ำ

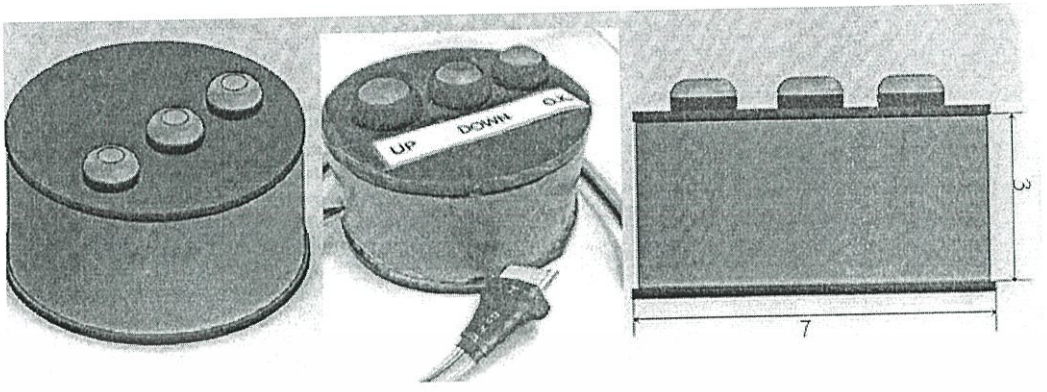


รูปที่ 3.18 แสดงส่วนลำตัวเครื่องวัดคุณภาพน้ำ

ส่วนลำตัวเครื่องวัดคุณภาพน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 3.18 หมายเลขที่ 1 บอกถึงส่วนด้านบนมีการใส่วงจรรวมและแอลซีดีแสดงผล นอกจากนี้ยังมีรูเชื่อมต่อไปยังหมายเลข 5 ผ่านทางท่อหมายเลข 4 ในกรณีที่น้ำเข้าน้ำเข้าก็จะเข้าส่วนล่างก่อน วงจรจะไม่เสียหายมากนัก หมายเลขที่ 2 จะออกแบบให้มีการติดตั้งเครื่องปั๊มน้ำ 3 เครื่อง หมายเลขที่ 3 จะเป็นเซ็นเซอร์ 4 เซ็นเซอร์ คือ เซ็นเซอร์วัดออกซิเจนในน้ำ เซ็นเซอร์พีเอช เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ และเซ็นเซอร์ความเค็ม หมายเลขที่ 4 เป็นส่วนลำตัวของเครื่องวัดคุณภาพน้ำ ส่วนหมายเลขที่ 5 คือส่วนล่างจะไว้เก็บแบตเตอรี่และวงจรรีเลย์ 5V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

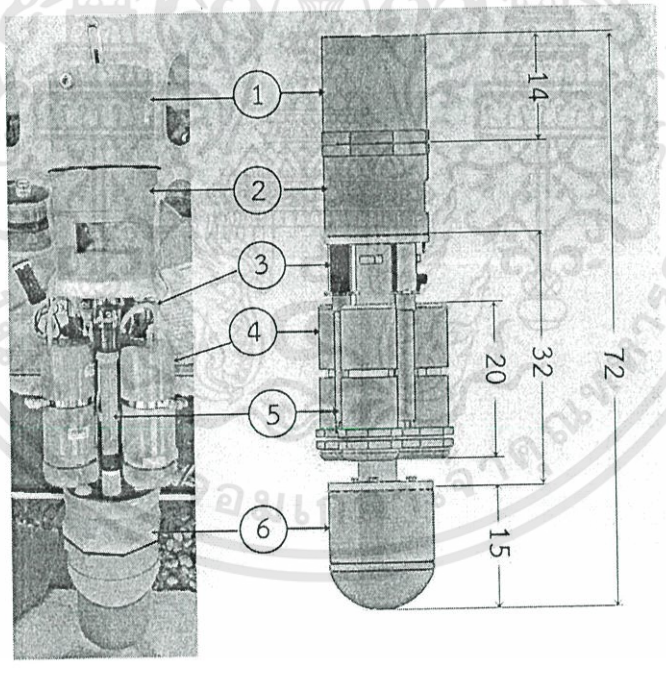
10. ปุ่มกดควบคุมการใช้งาน



รูปที่ 3.19 แสดงปุ่มกดควบคุมการใช้งาน

ปุ่มกดควบคุมการใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 3.19 จะออกแบบให้ถือได้พอดีมือ เนื่องจากตอนสั่งงานจะต้องมีการกดปุ่มแล้วดูหน้าจอเพื่อควบคุม ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ เพื่อกดดูระดับความลึก สั่งงานให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงาน และสามารถเรียกค่าของเซ็นเซอร์มาอ่านได้อีกด้วย

11. เครื่องวัดคุณภาพน้ำ



รูปที่ 3.20 แสดงเครื่องวัดคุณภาพน้ำ

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดเครื่องวัดคุณภาพน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 3.20

หมายเลข 1	ฝาปิดด้านบน
หมายเลข 2	ส่วนหน้าจอแสดงผล
หมายเลข 3	ปั๊มน้ำ

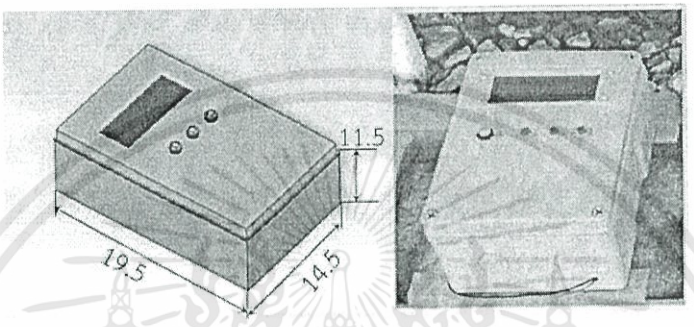
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 (ต่อ) รายละเอียดเครื่องวัดคุณภาพน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 3.20

หมายเลข 4	กระบอกเก็บน้ำ
หมายเลข 5	เซ็นเซอร์
หมายเลข 6	ท่อถ่วงน้ำหนัก และ ไว้ใส่แบตเตอร์รี่

3.4.2 โครงสร้างส่วนควบคุมบนฝั่ง

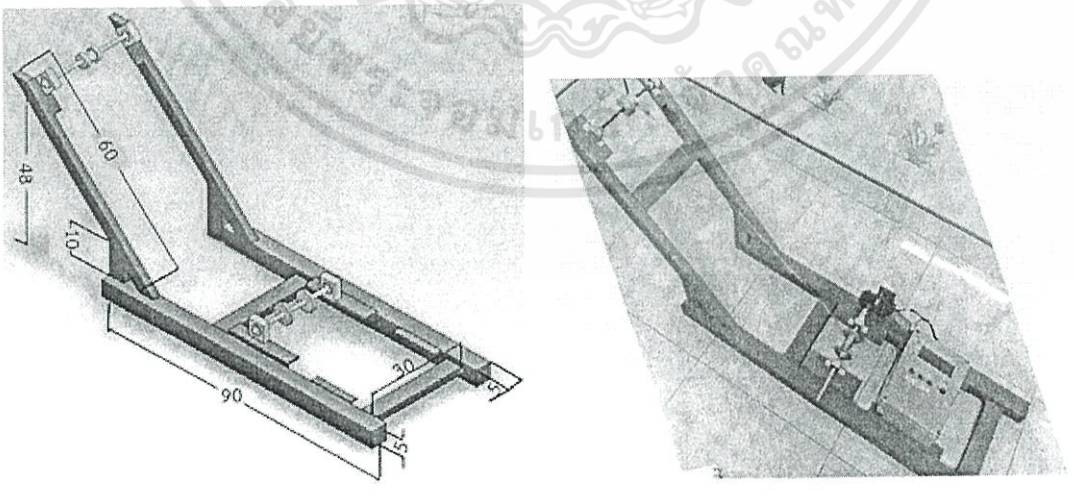
1. กล่องควบคุมเครื่องขึ้นลงอัตโนมัติ



รูปที่ 3.21 แสดงกล่องควบคุมเครื่องขึ้นลงอัตโนมัติ

กล่องควบคุมเครื่องขึ้นลงอัตโนมัติจะออกแบบให้ใส่วงจรของควบคุมเครื่องขึ้นลงอัตโนมัติ และใส่ปุ่มกดเพื่อที่จะควบคุมการทำงานของวงจร สามารถดูค่าจากหน้าจอแอลซีดีเพื่อให้รู้ว่าเครื่องวัดคุณภาพน้ำลงไปลึกกี่เมตร และยังรู้ถึงการหยุดของการเก็บตัวอย่างน้ำเข้ากระบอก กล่องควบคุมจะอยู่ด้านบนผิวน้ำกับระบบปล่อยเครื่องขึ้นลงอัตโนมัติ ดังแสดงในรูปที่ 3.21

2. ระบบปล่อยเครื่องขึ้นลงอัตโนมัติ



รูปที่ 3.22 แสดงระบบปล่อยเครื่องขึ้นลงอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบปล่อยเครื่องขึ้นลงอัตโนมัติดังแสดงในรูปที่ 3.22 ออกแบบโครงสร้างด้วยเหล็กหนา เพื่อให้ทนต่อการหักงอของชิ้นงานและทาสีกันสนิมป้องกันการกัดกล่อนของน้ำทะเล ในส่วนการทำงาน ระบบปล่อยเครื่องขึ้นลงอัตโนมัติ จะเซตค่าการทำงานจากกล่องควรคุมเครื่องขึ้นลงอัตโนมัติ ในรูป 3.18 เพื่อสั่งให้ระบบปล่อยเครื่องขึ้นลงอัตโนมัติทำงาน ซึ่งระบบปล่อยเครื่องขึ้นลงอัตโนมัติสามารถดึงเครื่องวัดคุณภาพน้ำขึ้นและลงสู่ผิวน้ำได้ ดั่งที่เซตค่าไว้

3.5 การเปรียบเทียบเครื่องที่ผลิตกับเครื่องที่มีขายตามท้องตลาด

ในการเปรียบเทียบเครื่องวัดคุณภาพน้ำ จะหาข้อมูลเครื่องวัดคุณภาพน้ำที่มีขายตามท้องตลาดที่ใกล้เคียงกับเครื่องวัดคุณภาพน้ำที่ผลิตขึ้น เนื่องจากรู้ถึงข้อดี-ข้อเสียของแต่ละเครื่อง เพื่อนำมาพัฒนาต่อไปได้อีกด้วย

ตารางที่ 3.2 เปรียบเทียบคุณภาพเครื่องที่ผลิตกับเครื่องตามท้องตลาด

ชนิดเครื่องวัดคุณภาพน้ำ	เครื่องวัดคุณภาพน้ำที่ขายตามท้องตลาด	เครื่องวัดคุณภาพน้ำที่ผลิตขึ้น
ราคา	14,900 บาท	33,999 บาท
เครื่องวัดออกซิเจนในน้ำ	ช่วงการวัด 0.0 ถึง 199.99%, 0.0 ถึง 30 mg/L	ช่วงการวัด 0.00 ถึง 20.00 mg/L
เครื่องวัดค่าพีเอช	ช่วงการวัด 2.00 ถึง 12.00 pH	ช่วงการวัด 0.00 ถึง 14.00 pH
เครื่องวัดอุณหภูมิ	ช่วงการวัด 0 ถึง 60 °C	ช่วงการวัด 0.00 ถึง 100.00 °C
เครื่องวัดความเค็ม	ช่วงการวัด 0 ถึง 10 ppt	ช่วงการวัด 0.00 ถึง 45.00 ppt
สามารถเก็บน้ำได้	ไม่สามารถเก็บน้ำได้	เก็บน้ำได้ 3 ระดับความลึก
หน้าจอแสดงผล	แสดงผล 4 ค่าบนหน้าจอเดียวกัน	แสดงผล 4 ค่าบนหน้าจอเดียวกัน
แสดงผลทศนิยม	แสดงได้ 1 จุดทศนิยม	แสดงได้ 2 จุดทศนิยม
สามารถลงน้ำลึก	ช่วงการวัด 0 เมตร	ช่วงการวัด 0 ถึง 30 เมตร

*เครื่องที่ขายตามท้องตลาด (Water Quality Meter with Data Memory รุ่น AZ-8603)

จากตารางที่ 3.2 พบว่าในการเปรียบเทียบเครื่องวัดคุณภาพน้ำทั้งสองเครื่องสามารถวัดค่าออกซิเจนในน้ำ ค่าพีเอช ค่าอุณหภูมิ และค่าความเค็มได้เหมือนกัน แต่เครื่องวัดคุณภาพน้ำที่ผลิตขึ้นจะมีข้อดี คือ มีการวัดต่างๆ ที่ความละเอียดถึงจุดทศนิยม 2 ตำแหน่ง และสามารถเก็บน้ำได้ 3 ระดับ ที่ระดับความลึก 0-30 เมตร ส่วนเครื่องวัดคุณภาพน้ำที่ขายตามท้องตลาด จะมีข้อดี คือ สามารถเก็บข้อมูลได้มากถึง 99 ข้อมูล และยังมีราคาเครื่องที่ถูกกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
วิธีการและผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลอง และผลการทดลองของเครื่องวัดคุณภาพน้ำ ซึ่งประกอบไปด้วยการทดลองโพรบของเซ็นเซอร์ออกซิเจนในน้ำ การทดลองโพรบของเซ็นเซอร์พีเอช การทดลองโพรบของเซ็นเซอร์อุณหภูมิ การทดลองโพรบของเซ็นเซอร์ความเค็ม การทดลองขดลวดสลิง และการทดลองออกแบบโครงสร้าง โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 การทดลองที่ 1 การใช้งานพื้นฐานของเซ็นเซอร์

ในการทดลองนี้ จะศึกษาการใช้งานพื้นฐานของเซ็นเซอร์ มีการทดลองแยกเป็นการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับอุณหภูมิ การทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับความเค็มมาตรฐาน และการทดลองหาเวลาในการดึงเส้นลวดสลิง เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ที่ใช้

การทดลองที่ 1.1 การทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันเฉลี่ยกับอุณหภูมิ

ในการทดลองนี้จะทำการทดลองเพื่อศึกษาและหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับอุณหภูมิ ซึ่งเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป จะส่งผลให้แรงดันเอาท์พุทจากเครื่องแคลอรีมิเตอร์มีค่าเปลี่ยนแปลงไปจึงได้มีการศึกษาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับแรงดัน เพื่อใช้ในการเขียนโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองและมีวิธีการทดลองดังนี้

อุปกรณ์

1. เครื่องแคลอรีมิเตอร์	1 เครื่อง
2. เทอร์โมมิเตอร์	1 อัน
3. หัวโพรบของเซ็นเซอร์อุณหภูมิ	1 อัน
4. เครื่องวัดมัลติมิเตอร์	1 เครื่อง
5. น้ำเย็น	

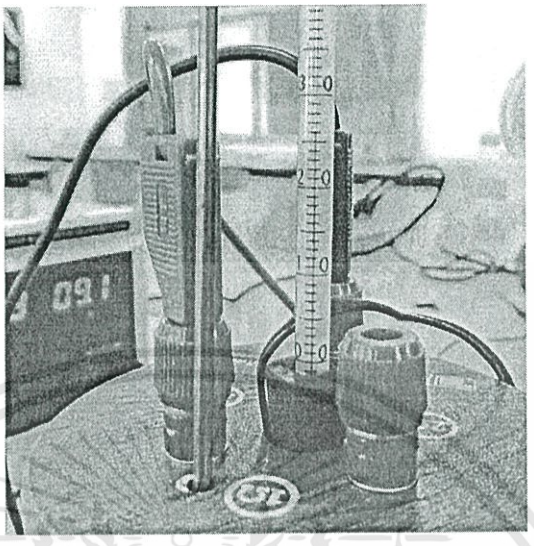
วิธีการทดลอง

1. นำน้ำเย็นใส่ในแคลอรีมิเตอร์ แล้วทำการปิดฝา ดังแสดงในรูปที่ 4.1

รูปที่ 4.1 แคลอรีมิเตอร์ไฟฟ้า (Electric Calorimeter)

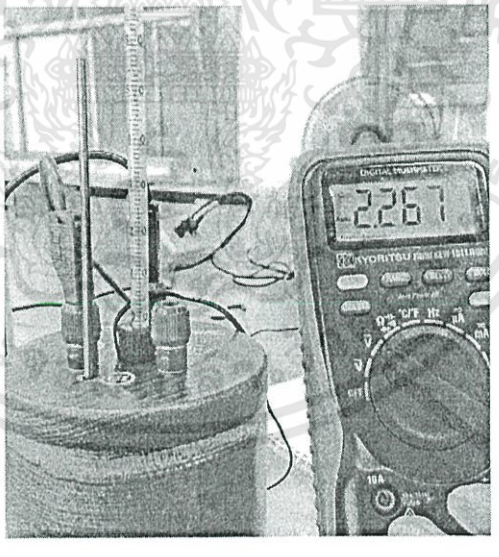
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. จากนั้นเสียบเทอร์โมมิเตอร์กับโพรบของเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิลงไปในช่องเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 การเสียบเทอร์โมมิเตอร์กับโพรบของเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ

3. อ่านค่าอุณหภูมิที่เทอร์โมมิเตอร์ ทำการวัดแรงดัน แล้วบันทึกผลลงในตารางที่ 4.1 โดยบันทึกค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปทีละ 1 องศา ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 การอ่านค่าจากเทอร์โมมิเตอร์เทียบกับมิเตอร์

4. จากนั้นทำการทดลองซ้ำข้อ 1-3 แล้วนำค่าแรงดันที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย
5. นำค่าข้อมูลที่ได้จากตารางที่ 4.1 มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน(ใช้ค่าแรงดันเฉลี่ย) กับอุณหภูมิ ดังแสดงในรูปที่ 4.4 และ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงกับแรงดันที่อ่านได้

อุณหภูมิ (°C)	แรงดัน (V)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
4	1.140	1.140	1.170	1.150
5	1.195	1.161	1.185	1.180
6	1.196	1.203	1.200	1.200
7	1.210	1.210	1.210	1.210
8	1.275	1.278	1.285	1.279
9	1.342	1.345	1.340	1.342
10	1.393	1.388	1.390	1.390
11	1.445	1.440	1.440	1.442
12	1.496	1.496	1.490	1.494
13	1.551	1.551	1.550	1.551
14	1.605	1.605	1.600	1.603
15	1.659	1.650	1.650	1.653
16	1.710	1.710	1.710	1.710
17	1.765	1.765	1.760	1.763
18	1.821	1.810	1.810	1.814
19	1.855	1.857	1.850	1.854
20	1.934	1.938	1.931	1.934
21	1.973	1.977	1.976	1.975
22	2.025	2.024	2.020	2.023
23	2.074	2.079	2.070	2.074
24	2.130	2.134	2.130	2.131
25	2.185	2.185	2.180	2.183
26	2.231	2.235	2.230	2.232
27	2.285	2.288	2.280	2.284
28	2.319	2.324	2.319	2.321
29	2.382	2.386	2.380	2.383
30	2.428	2.435	2.430	2.431
31	2.475	2.483	2.470	2.476

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

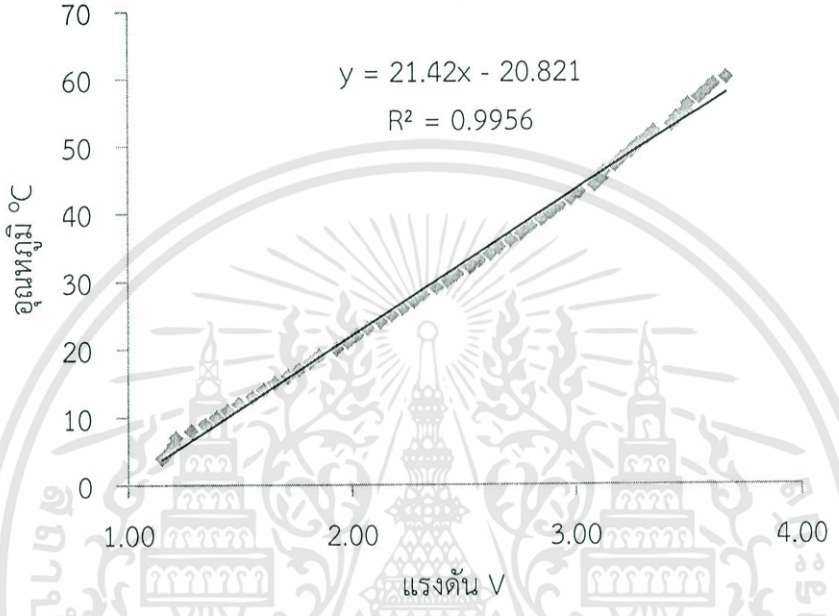
ตารางที่ 4.1 (ต่อ) แสดงค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงกับแรงดันที่อ่านได้

อุณหภูมิ (°C)	แรงดัน (V)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
32	2.529	2.532	2.530	2.530
33	2.573	2.580	2.570	2.574
34	2.621	2.628	2.620	2.623
35	2.663	2.665	2.660	2.663
36	2.713	2.720	2.710	2.714
37	2.763	2.761	2.760	2.761
38	2.805	2.806	2.800	2.804
39	2.850	2.851	2.850	2.85
40	2.893	2.890	2.890	2.891
41	2.937	2.932	2.930	2.933
42	2.980	2.981	2.980	2.980
43	3.020	3.022	3.020	3.021
44	3.093	3.096	3.089	3.093
45	3.115	3.131	3.120	3.122
46	3.139	3.134	3.130	3.134
47	3.180	3.181	3.180	3.180
48	3.215	3.216	3.210	3.214
49	3.255	3.253	3.250	3.253
50	3.288	3.281	3.280	3.283
51	3.326	3.326	3.320	3.324
52	3.355	3.352	3.350	3.352
53	3.439	3.433	3.429	3.434
54	3.430	3.450	3.465	3.448
55	3.492	3.492	3.489	3.491
56	3.499	3.492	3.499	3.497
57	3.549	3.545	3.555	3.550
58	3.589	3.582	3.580	3.584

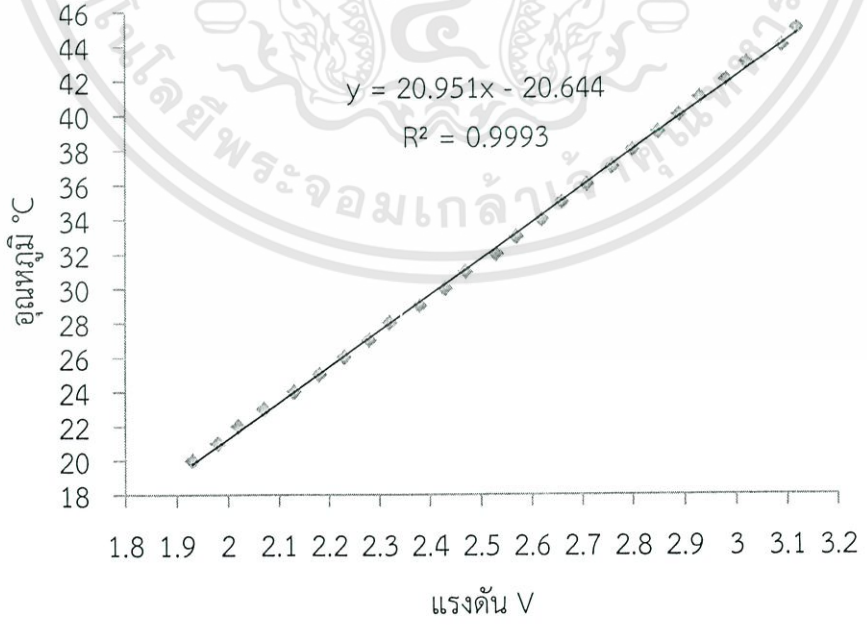
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) แสดงค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงกับแรงดันที่อ่านได้

อุณหภูมิ (°C)	แรงดัน (V)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
59	3.599	3.605	3.610	3.605
60	3.673	3.677	3.670	3.673



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับแรงดันที่อุณหภูมิ 4-60 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับแรงดันที่อุณหภูมิ 20-45 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากตารางการทดลองที่ 4.1 การทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันเฉลี่ยกับอุณหภูมิ เพื่อหาสมการไปเขียนโปรแกรมควบคุมเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ ดังแสดงในรูปที่ 4.4 จะเห็นได้ว่าเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป ค่าแรงดันเฉลี่ยจะมีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้สามารถหาสมการเชิงเส้นของกราฟได้ แต่ในการวิเคราะห์แบบถดถอยนั้นมีค่าเท่ากับ 0.9956 ค่าจะเข้าใกล้จุดแต่ละจุดมาก ส่วนการแสดงในรูปที่ 4.5 เป็นการลดช่วงของอุณหภูมิที่มีใช้งานจริง (20-45 องศาเซลเซียส) ดังจะพบว่าค่าการวิเคราะห์แบบถดถอยจะได้เท่ากับ 0.9993 จากนั้นนำค่าสมการที่ได้ไปเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการใช้งานของเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ

การทดลองที่ 1.2 การทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มมาตรฐานกับแรงดัน

ในการทดลองนี้จะทำการทดลองเพื่อศึกษาและหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับความเค็ม ซึ่งเมื่อความเค็มเปลี่ยนแปลงไป จะส่งผลให้แรงดันเอาท์พุทจากเครื่องออสซิสโลสโคปมีค่าเปลี่ยนแปลงไปจึงได้มีการศึกษาความสัมพันธ์ของความเค็มกับแรงดัน เพื่อใช้ในการเขียนโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองและมีวิธีการทดลองดังนี้

อุปกรณ์

1. เครื่องsalt meter salinity refractometer 1 เครื่อง
2. เครื่องออสซิสโลสโคป 1 เครื่อง
3. น้ำตัวอย่าง

วิธีการทดลอง

1. ทำการเตรียมน้ำที่ความเค็ม ค่า 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 และ 45 โดยการเตรียมน้ำที่ความเค็มต่างๆ ตาม บทที่ 2 หน้าที่ 30
2. ต่อวงจรตามรูป 3.4 บทที่ 3 หน้า 39
3. ปรับค่าแอมพลิจูดที่วงจรให้มีค่า 5.586 Vrms ความถี่ 125 KHz
4. นำโพรบของเซ็นเซอร์มาจุ่มในน้ำที่ใส่ในบีกเกอร์ แล้วอ่านค่าแรงดัน
5. ทำการทดลองซ้ำข้อ 3-4 อีก 4 ครั้ง แล้วนำค่าแรงดันที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย
6. นำค่าข้อมูลที่ได้จากตารางที่ 4.2 มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันเฉลี่ยกับความเค็ม ดังแสดงในรูปที่ 4.6

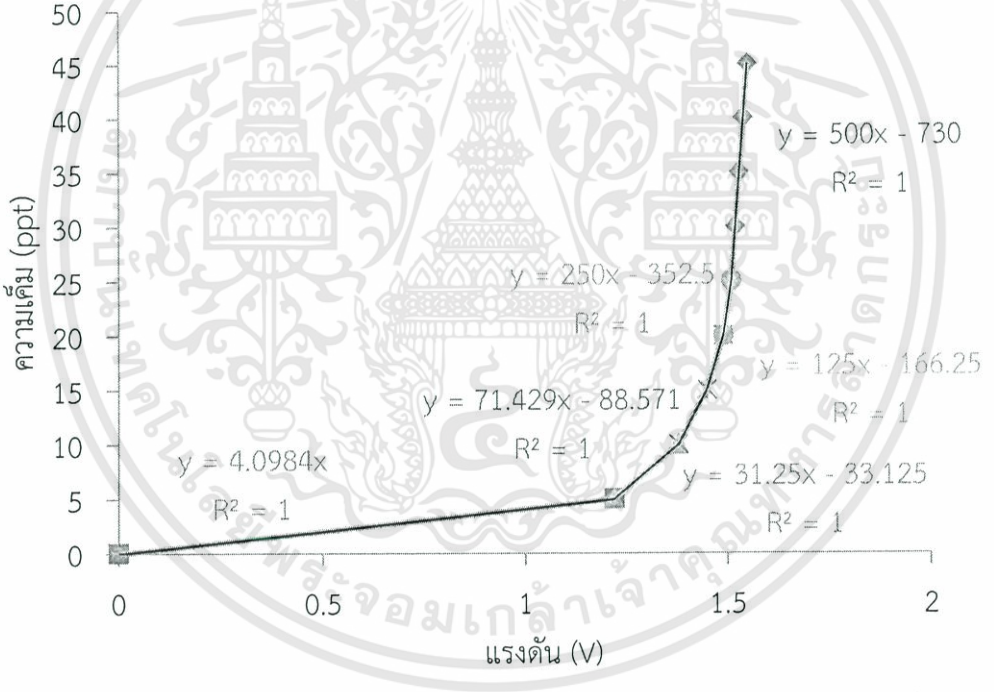
ตารางที่ 4.2 แสดงค่าความเข้มข้นของความเค็มกับแรงดัน

ความเค็ม	แรงดัน (V)					
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) แสดงค่าความเข้มข้นของความเค็มกับแรงดัน

ความเค็ม	แรงดัน (V)					
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย
10	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
15	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45
20	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49
25	1.51	1.51	1.51	1.51	1.51	1.51
30	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52
35	1.53	1.53	1.53	1.53	1.53	1.53
40	1.54	1.54	1.54	1.54	1.54	1.54
45	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มกับค่าแรงดันเฉลี่ย

สรุปผลการทดลอง

จากตารางการทดลองที่ 4.2 การทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มมาตรฐานกับแรงดันเฉลี่ย เพื่อหาสมการไปเขียนโปรแกรมควบคุมเซ็นเซอร์ความเค็ม ดังแสดงในรูปที่ 4.6 จะเห็นได้ว่ามีการเขียนกราฟเป็นเชิงเส้น ทำเส้นกราฟแบ่งเป็นช่วงๆ เพื่อทำการวิเคราะห์แบบถดถอยมีค่าเท่ากับ 1 ซึ่งแสดงว่าข้อมูลที่ทดลองได้จะอยู่บนเส้นกราฟทุกค่า จากนั้นนำค่าสมการที่ได้ไปเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการใช้งานของเซ็นเซอร์วัดความเค็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 1.3 การทดลองหาเวลาในการดึงเส้นลวดสลิง

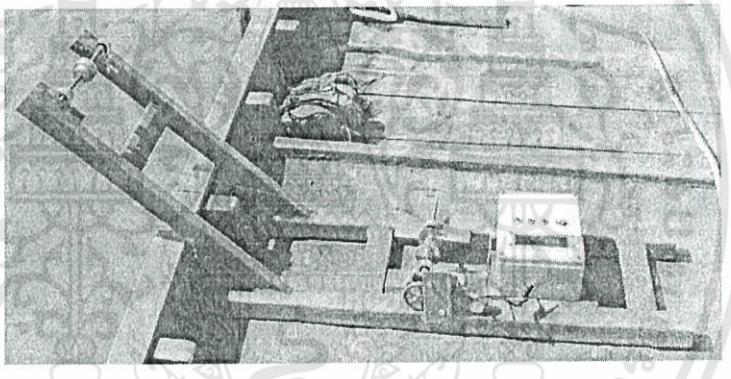
การทดลองนี้จะทำการทดลองเพื่อศึกษาหาเวลาในการดึงเส้นลวดสลิง ซึ่งเมื่อปล่อยเส้นลวดสลิงขึ้นลงจากน้ำ จะส่งผลให้เวลาในการดึงเส้นลวดสลิงมีค่าเปลี่ยนแปลงไปจึงได้มีการศึกษาหาเวลาในการดึงเส้นลวดสลิง เพื่อใช้ในการเขียนโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองและมีวิธีการทดลองดังนี้

อุปกรณ์

1. การต่อขดลวดสลิงกับมอเตอร์
2. นาฬิกา

วิธีการทดลอง

1. นำลวดสลิงมาวัด 1 เมตร แล้วทำรอยตำหนิ ทำไปเรื่อยๆ จนถึง 30 เมตร ทำรอยตำหนิเพื่อให้รู้ว่าถึงความยาว 1 เมตรแล้วให้ทำการหยุดเวลา
2. ทำการต่อตรงระหว่างวงจรควบคุมกับแบตเตอรี่
3. นำอุปกรณ์ต่อดังแสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 อุปกรณ์การดึงขดลวดสลิง

4. ทำการต่อกับแบตเตอรี่ แล้วจับเวลา เมื่อถึง 1 เมตร ให้หยุดเวลาแล้วบันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 4.3 ทำไปเรื่อยๆ จนถึง 17 เมตร
5. จากนั้นทำการทดลองซ้ำข้อ 4 อีก 2 ครั้ง แล้วนำเวลาที่ได้มาเฉลี่ยบันทึกผลลงตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การดึงลวดสลิง

เมตร	ความยาว (เมตร)							
	3	4	5	6	7	8	9	10
ครั้งที่ 1	14.2	13.7	13.9	13.9	12.9	12.9	11.7	10.6
ครั้งที่ 2	14.5	13.9	13.9	12.2	12.9	12.0	11.6	10.5
ครั้งที่ 3	14.4	13.2	13.6	13.0	12.9	13.2	11.3	10.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) การดึงลวดสลิง

เมตร	ความยาว (เมตร)							
	11	12	13	14	15	16	17	ค่าเฉลี่ย
ครั้งที่ 1	10.8	9.0	9.5	10.1	9.2	8.9	9.6	11.4
ครั้งที่ 2	11.2	9.9	9.4	10.2	9.7	8.8	9.8	11.4
ครั้งที่ 3	10.1	10.2	9.0	9.4	11.9	8.2	8.9	11.3

สรุปผลการทดลอง

จากตารางการทดลองที่ 4.3 การทดลองหาเวลาในการดึงเส้นลวดสลิง เพื่อหาเวลาเฉลี่ยต่อระยะทาง 1 เมตร แล้วนำค่าเวลาเฉลี่ยไปเขียนโปรแกรมควบคุมระบบการทำงานของมอเตอร์ จะเห็นได้ว่าเวลามีค่าต่างกัน เนื่องจากรอบในการนับไม่เท่ากัน ทำให้ต้องหาค่าเฉลี่ยในการนำมาเขียนโปรแกรม ซึ่งจะมีค่าอยู่ที่ประมาณ 11.4 วินาที ต่อระยะทาง 1 เมตร

4.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาประสิทธิภาพของระบบ

ในการทดลองนี้จะทำการศึกษาประสิทธิภาพของระบบเซ็นเซอร์แต่ละตัว คือ เซ็นเซอร์วัดออกซิเจนในน้ำ เซ็นเซอร์วัดค่าพีเอช เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ และเซ็นเซอร์วัดความเค็ม โดยเซ็นเซอร์แต่ละอันอาจจะทำการทดลองหลายแบบ และการทดลองระบบการทำงานของเส้นลวดสลิงกับวิธีมาตรฐาน แล้วจึงนำค่าที่ได้มาหาเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด

การทดลองที่ 2.1 การทดลองระบบการทำงานของเซ็นเซอร์วัดออกซิเจนในน้ำที่อ่านค่าจากหน้าจอแอลซีดีกับการวัดจากคอมพิวเตอร์

การทดลองระบบการทำงานของเซ็นเซอร์วัดออกซิเจนในน้ำที่อ่านค่าจากหน้าจอแอลซีดีกับการวัดจากคอมพิวเตอร์ ซึ่งการวัดจากคอมพิวเตอร์ได้มาจากโปรแกรม Atlas Desktop Beta สามารถขอได้จากบริษัท Atlas Scientific เป็นการทดลองเพื่อตรวจสอบระบบเซ็นเซอร์ว่าได้ทำงานตามที่ได้เขียนโปรแกรมไว้หรือไม่ ในการทดลองจะเก็บตัวอย่างน้ำมา 5 สถานที่ แล้วทำการทดลองอย่างละ 3 ซ้ำ โดยระบบที่ออกแบบนั้นสามารถเช็คค่าออกซิเจนในน้ำว่ามีค่าความผิดพลาดเป็นอย่างไร ซึ่งมีการทดลองดังต่อไปนี้

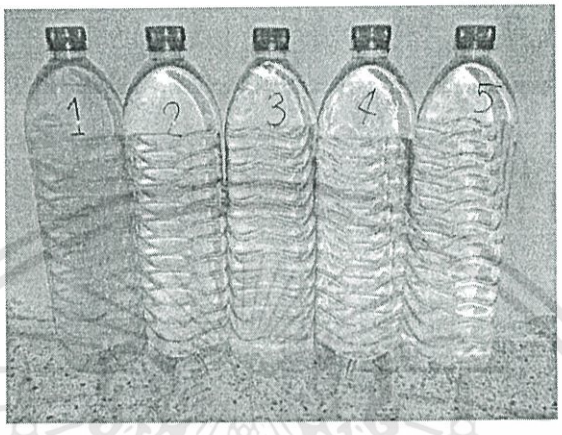
อุปกรณ์

1. บอร์ดเซ็นเซอร์วัดออกซิเจนในน้ำ (Dissolved Oxygen sensor)
2. คอมพิวเตอร์
3. หน้าจอแอลซีดี
4. น้ำตัวอย่างน้ำ ขวดที่ 1 อ่างเก็บน้ำหลังหอใน ขวดที่ 2 อ่างเก็บน้ำห้วยตีนจับ ขวดที่ 3 น้ำทะเลบริเวณหน้าวัดถ้ำยายไอ้ ขวดที่ 4 น้ำทะเลบริเวณซ็อปประมง และขวดที่ 5 น้ำทะเลบริเวณบ่อเมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

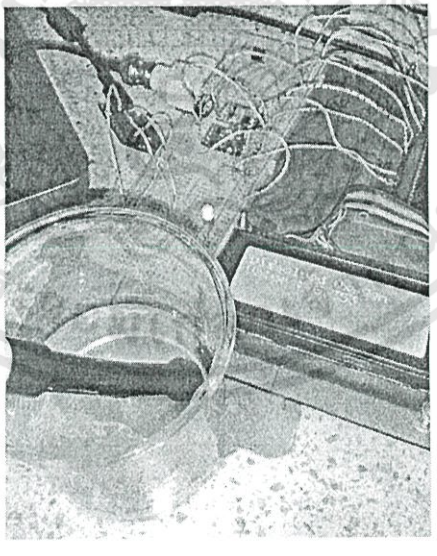
วิธีการทดลอง

1. เตรียมน้ำตัวอย่าง โดยการนำขวดไปเก็บน้ำจากที่ต่างๆ แล้วเขียนเลขข้างขวดไว้ ดังนี้ ขวดที่ 1 อ่างเก็บน้ำหลังหอใน ขวดที่ 2 อ่างเก็บน้ำห้วยตีนจับ ขวดที่ 3 น้ำทะเลบริเวณหน้าวัดถ้ำยายไอ่ ขวดที่ 4 น้ำทะเลบริเวณช็อปประมง และขวดที่ 5 น้ำทะเลบริเวณบ่อเมา ดังแสดงในรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 น้ำตัวอย่างจากที่ต่างๆ

2. นำน้ำตัวอย่างปริมาตร 80 ml ที่ได้มาใส่ในบีกเกอร์ขนาด 100 ml แล้วทำการจุ่มโพรบของเซ็นเซอร์วัดออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 4.9



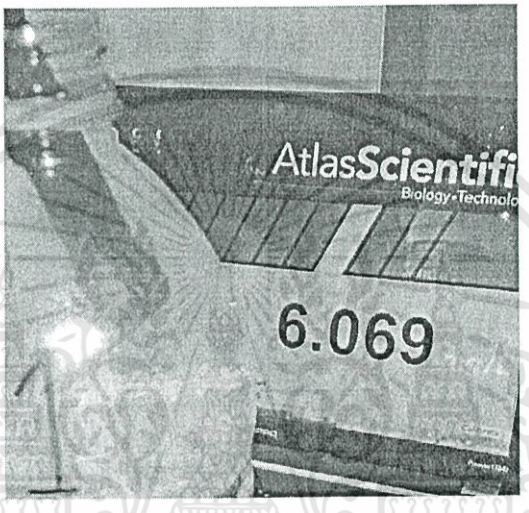
รูปที่ 4.9 แสดงการจุ่มโพรบของเซ็นเซอร์วัดออกซิเจนที่ละลายในน้ำ

3. การอ่านค่าจากคอมพิวเตอร์เป็นค่ามาตรฐานที่บริษัทให้โปรแกรมมาเพื่อเปรียบเทียบกับการเขียนโปรแกรมใส่หน้าจอแอลซีดีของโพรบเซ็นเซอร์ออกซิเจนในน้ำ โดยทำการต่อวงจรวัดออกซิเจนในน้ำเข้ากับบอร์ด USB to RS232 และนำสายยูเอสบี(USB) ต่อเข้ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอมพิวเตอร์จากนั้นให้ทำการเปิดโปรแกรม Atlas Desktop Beta โปรแกรมจะทำการอ่านค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์แบบเวลาจริงมาแสดงที่หน้าคอมพิวเตอร์ แต่ถ้าการต่อวงจรมีปัญหา โปรแกรมจะไม่สามารถอ่านค่าได้ และถ้าโพรบมีปัญหา โปรแกรมจะแสดงคำว่า "Check Probe" ให้ทำการปิดโปรแกรมและตรวจสอบโพรบอีกครั้งก่อนทำการเปิดโปรแกรมใหม่

4. จากนั้นบันทึกค่าที่ได้จากหน้าจอคอมพิวเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 4.10 และหน้าจอแอลซีดี ดังแสดงในรูปที่ 4.11 โดยทำการทดลองซ้ำตัวอย่างละ 3 ครั้ง และทดลองน้ำตัวอย่างจากสถานที่ต่างๆ ที่เตรียมไว้



รูปที่ 4.10 แสดงหน้าจอคอมพิวเตอร์

รูปที่ 4.11 แสดงหน้าจอแอลซีดี (LCD)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบของค่าที่อ่านจากคอมพิวเตอร์กับค่าที่อ่านจากหน้าจอแอลซีดี

ตัวอย่างน้ำ		หน้าจอคอมพิวเตอร์	หน้าจอแอลซีดี (LCD)	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด
ขวดที่ 1	ครั้งที่ 1	6.069	6.353	4.680
	ครั้งที่ 2	6.182	6.340	2.556
	ครั้งที่ 3	6.054	6.374	5.286
	เฉลี่ย	6.102	6.356	4.163
ขวดที่ 2	ครั้งที่ 1	6.449	6.471	0.341
	ครั้งที่ 2	6.441	6.342	1.537
	ครั้งที่ 3	6.351	6.399	0.756
	เฉลี่ย	6.414	6.404	0.151
ขวดที่ 3	ครั้งที่ 1	6.409	6.681	4.244
	ครั้งที่ 2	6.436	6.420	0.249
	ครั้งที่ 3	6.406	6.541	2.107
	เฉลี่ย	6.417	6.547	2.031
ขวดที่ 4	ครั้งที่ 1	7.153	6.972	2.530
	ครั้งที่ 2	7.255	7.317	0.855
	ครั้งที่ 3	7.442	7.643	2.701
	เฉลี่ย	7.283	7.311	0.375
ขวดที่ 5	ครั้งที่ 1	6.557	6.545	0.183
	ครั้งที่ 2	6.307	6.543	3.742
	ครั้งที่ 3	6.446	6.452	0.093
	เฉลี่ย	6.437	6.513	1.191

สรุปผลการทดลอง

จากตารางการทดลองที่ 4.4 การทดลองระบบการทำงานของเซ็นเซอร์วัดออกซิเจนในน้ำที่อ่านค่าจากหน้าจอแอลซีดีกับการวัดจากคอมพิวเตอร์ จะเห็นได้ว่าเมื่อระบบมีการทำงานของโปรแกรมแสดงผลไปยังหน้าจอแอลซีดีและหน้าจอคอมพิวเตอร์ เพื่อตรวจสอบความแม่นยำของระบบการทำงานของการเขียนโปรแกรม จะได้ค่าออกซิเจนในน้ำ จากนั้นคำนวณเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด ทำให้เห็นว่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดไม่เกิน 5% เนื่องจากเป็นการทดลองจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ดังนั้นจึงเป็นการตรวจสอบโปรแกรมว่าใช้งานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 2.2 การทดลองระบบการทำงานของเซ็นเซอร์วัดออกซิเจนในน้ำกับวิธีมาตรฐาน

การทดลองระบบการทำงานของเซ็นเซอร์วัดออกซิเจนในน้ำกับวิธีมาตรฐาน เป็นการทดลองเพื่อตรวจสอบระบบเซ็นเซอร์ว่าได้ทำงานตามที่ได้เขียนโปรแกรมไว้หรือไม่ โดยระบบที่ออกแบบนั้นสามารถเช็คค่าออกซิเจนในน้ำได้ว่ามีค่าความผิดพลาดเป็นอย่างไร ซึ่งมีการทดลองดังต่อไปนี้

อุปกรณ์

1. บอร์ดเซ็นเซอร์วัดออกซิเจนในน้ำ (Dissolved Oxygen sensor)
2. น้ำตัวอย่างน้ำ ขวดที่1 อ่างเก็บน้ำหลังหอใน ขวดที่2 อ่างเก็บน้ำห้วยตีนจับ ขวดที่3 น้ำทะเลบริเวณหน้าวัดถ้ำยายไอ่ ขวดที่4 น้ำทะเลบริเวณช็อปประมง และขวดที่5 น้ำทะเลบริเวณบ่อเมา

วิธีการทดลอง

ทำการทดลองเหมือนกับบทที่ 2 หน้าที่ 23 การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

ตารางที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบวิธีมาตรฐานกับเซ็นเซอร์วัดออกซิเจนในน้ำ

ตัวอย่างน้ำ		ห้องปฏิบัติการ	เซ็นเซอร์วัดออกซิเจน	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด
ขวดที่ 1	ครั้งที่ 1	6.3	6.23	1.11
	ครั้งที่ 2	5.7	6.45	13.16
	ครั้งที่ 3	6.4	6.25	2.25
	เฉลี่ย	6.1	6.31	3.44
ขวดที่ 2	ครั้งที่ 1	6.3	6.42	2.38
	ครั้งที่ 2	5.6	6.39	14.10
	ครั้งที่ 3	5.7	6.41	12.46
	เฉลี่ย	5.9	6.42	8.81
ขวดที่ 3	ครั้งที่ 1	5.8	6.86	18.27
	ครั้งที่ 2	5.8	6.50	12.07
	ครั้งที่ 3	6.0	6.69	11.50
	เฉลี่ย	5.9	6.68	13.22
ขวดที่ 4	ครั้งที่ 1	5.5	6.18	12.36
	ครั้งที่ 2	4.9	5.89	20.20
	ครั้งที่ 3	5.7	6.34	11.23
	เฉลี่ย	5.4	6.14	13.70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบวิธีมาตรฐานกับเซ็นเซอร์วัดออกซิเจนในน้ำ

ตัวอย่างน้ำ		ห้องปฏิบัติการ	เซ็นเซอร์วัดออกซิเจน	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด
ขวดที่ 5	ครั้งที่ 1	4.8	5.56	15.83
	ครั้งที่ 2	4.8	5.80	20.83
	ครั้งที่ 3	5.0	5.76	13.19
	เฉลี่ย	4.9	5.71	16.53

สรุปผลการทดลอง

จากตารางการทดลองที่ 4.5 การทดลองระบบการทำงานของเซ็นเซอร์วัดออกซิเจนในน้ำกับวิธีมาตรฐาน เพื่อตรวจค่าออกซิเจนในน้ำ จะเห็นว่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดไม่เกิน 25% ซึ่งค่าออกซิเจนในน้ำสามารถคลาดเคลื่อนได้ ขึ้นอยู่กับการเก็บน้ำ และการเตรียมน้ำด้วย ทำให้ค่าที่ได้อาจจะผิดพลาดมากไป ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ เนื่องจากเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของออกซิเจนน้ำมีค่าเท่ากับ 30% หรือมากกว่านี้เพราะว่าการหาออกซิเจนในน้ำนั้น จะมีปัจจัยหลายอย่างที่ทำให้ค่ามีความคลาดเคลื่อนได้มาก

การทดลองที่ 2.3 การทดลองระบบการทำงานของเซ็นเซอร์วัดพีเอชกับวิธีมาตรฐาน

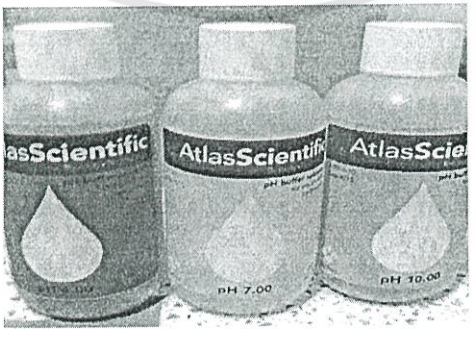
การทดลองระบบการทำงานของเซ็นเซอร์วัดพีเอชกับวิธีมาตรฐาน เป็นการทดลองเพื่อตรวจสอบระบบเซ็นเซอร์พีเอชว่าได้ทำงานตามที่ได้เขียนโปรแกรมไว้หรือไม่ โดยระบบที่ออกแบบนั้นสามารถเช็คค่าพีเอชว่ามีค่าความผิดพลาดเป็นอย่างไร ซึ่งมีการทดลองดังต่อไปนี้

อุปกรณ์

1. บอร์ดเซ็นเซอร์วัดพีเอช (pH Sensor)
2. หน้าจอแอลซีดี (LCD)
3. ตัวอย่างน้ำมาตรฐานที่พีเอช 4, 7 และ 10

วิธีการทดลอง

1. เตรียมตัวอย่างน้ำมาตรฐานที่พีเอช 4, 7 และ 10 บริษัทให้มา ดังแสดงในรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 ตัวอย่างน้ำมาตรฐานที่ pH 4, 7 และ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. นำโพรบของเซ็นเซอร์วัดพีเอชมาจุ่มในขวดน้ำมาตรฐานที่ค่าพีเอช 4, 7 และ 10 ตามลำดับ ทำซ้ำตัวอย่างละ 3 ครั้ง
3. จากนั้นทำการอ่านค่าที่ได้จากหน้าจอแอลซีดี (LCD) ดังแสดงในรูปที่ 4.13 แล้วทำการบันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 4.6

รูปที่ 4.13 การแสดงผลผ่านหน้าจอแอลซีดี (LCD)

ตารางที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบน้ำตัวอย่างที่ค่ามาตรฐานกับเซ็นเซอร์วัดพีเอช

ตัวอย่างน้ำ		หน้าจอแอลซีดี (LCD)	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด
pH 4	ครั้งที่ 1	3.843	3.925
	ครั้งที่ 2	3.973	0.675
	ครั้งที่ 3	3.954	1.150
	เฉลี่ย	3.923	1.925
pH 7	ครั้งที่ 1	6.046	13.629
	ครั้งที่ 2	6.426	8.200
	ครั้งที่ 3	6.502	7.114
	เฉลี่ย	6.325	9.643
pH 10	ครั้งที่ 1	9.939	0.610
	ครั้งที่ 2	9.191	8.090
	ครั้งที่ 3	9.899	1.010
	เฉลี่ย	9.676	3.240

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากตารางการทดลองที่ 4.6 การทดลองระบบการทำงานของเซ็นเซอร์วัดพีเอชกับวิธีมาตรฐาน เพื่อตรวจสอบความแม่นยำของการเขียนโปรแกรม จากนั้นคำนวณเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด ทำให้เห็นว่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของค่าพีเอช 4 พีเอช 7 และพีเอช 10 จะมีค่าความผิดพลาดไม่เกิน 15 % แต่ยังเป็นค่าที่ยอมรับได้ เนื่องจากเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดจะอยู่ที่ 20%

การทดลองที่ 2.4 การทดลองระบบการทำงานของเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิกับวิธีมาตรฐาน

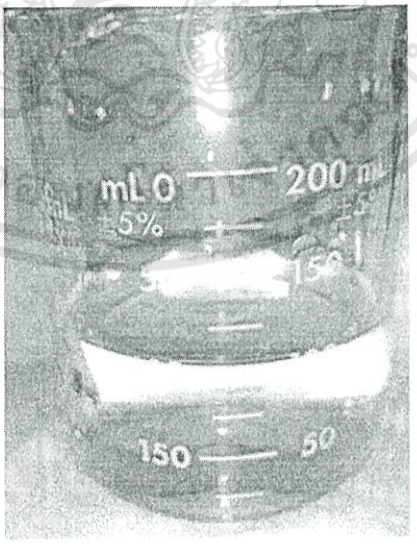
การทดลองระบบการทำงานของเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิที่อ่านค่าจากหน้าจอแอลซีดีกับวิธีมาตรฐาน เป็นการทดลองเพื่อตรวจสอบระบบเซ็นเซอร์ว่าได้ทำงานตามที่ได้เขียนโปรแกรมไว้หรือไม่ โดยระบบที่ออกแบบนั้นสามารถเช็คค่าอุณหภูมิว่ามีค่าความผิดพลาดเป็นอย่างไร ซึ่งมีการทดลองดังต่อไปนี้

อุปกรณ์

1. เทอร์โมมิเตอร์	1	อัน
2. บอร์ดเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ	1	บอร์ด
3. บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์	1	บอร์ด
4. หน้าจอแอลซีดี (LCD)	1	อัน
5. น้ำเย็น	250	ml
6. บีกเกอร์	1	ใบ

วิธีการทดลอง

1. เตรียมน้ำเย็นปริมาตร 100 ml ใส่บีกเกอร์ขนาด 250 ml ดังแสดงในรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 น้ำในบีกเกอร์(ตัวอย่างที่ใช้ทดลอง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ใช้เทอร์โมมิเตอร์กับโพรบเซ็นเซอร์อุณหภูมิจุ่มลงในน้ำเย็น ตั้งทิ้งไว้ดูที่เทอร์โมมิเตอร์ว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นทีละ 5 องศาเซลเซียส ให้ทำการอ่านค่าจากโพรบเซ็นเซอร์อุณหภูมิ ดังแสดงในรูปที่ 4.15 แล้วทำการบันทึกผลการทดลอง

รูปที่ 4.15 เทอร์โมมิเตอร์กับโพรบเซ็นเซอร์อุณหภูมิจุ่มลงในน้ำเย็น

3. จากนั้นทำการอ่านค่าที่ได้จากหน้าจอแอลซีดีแล้วทำการบันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าอุณหภูมิจากเทอร์โมมิเตอร์กับเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ

อุณหภูมิ	หน้าจอแอลซีดี	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด
5	4.07	18.440
10	8.47	15.220
15	13.92	7.167
20	19.79	1.045
25	25.02	0.116
30	30.26	0.89
35	35.08	0.243
40	39.90	0.24
45	44.72	0.62
50	48.07	3.85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากตารางการทดลองที่ 4.7 การทดลองระบบการทำงานของเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิกับวิธีมาตรฐาน เพื่อตรวจสอบความแม่นยำของการเขียนโปรแกรม จะเห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดมีค่าประมาณ 1% อยู่ในช่วง 20-45 องศาเซลเซียส เนื่องด้วยในการเขียนโปรแกรมใช้ค่าอุณหภูมิอยู่ในช่วง 20-45 องศาเซลเซียส ซึ่งเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดโดยรวมจะอยู่ที่ประมาณ 20%

การทดลองที่ 2.5 การทดลองระบบการทำงานของเซ็นเซอร์วัดความเค็มกับวิธีมาตรฐาน

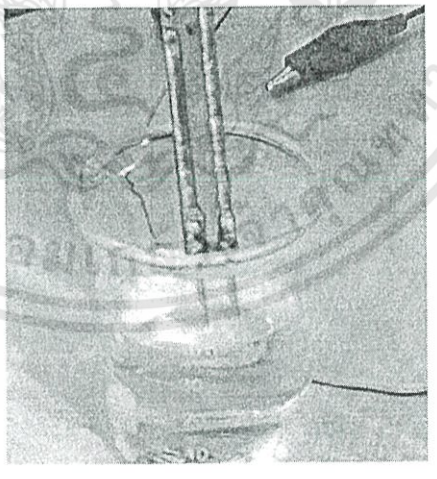
การทดลองระบบการทำงานของเซ็นเซอร์วัดความเค็มกับวิธีมาตรฐาน เป็นการทดลองเพื่อตรวจสอบระบบเซ็นเซอร์ว่าได้ทำงานตามที่ได้เขียนโปรแกรมไว้หรือไม่ โดยระบบที่ออกแบบนั้นสามารถเช็คค่าออกซิเจนในน้ำว่ามีค่าความผิดพลาดเป็นอย่างไร ซึ่งมีการทดลองดังต่อไปนี้

อุปกรณ์

1. บอร์ดเซ็นเซอร์วัดความเค็ม
2. หน้าจอแอลซีดี
3. น้ำเค็มที่ค่ามาตรฐาน

วิธีการทดลอง

1. ทำการเตรียมน้ำที่ความเค็ม ค่า 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 และ 45 โดยการเตรียมน้ำที่ความเค็มต่างๆ ตาม บทที่ 2 หน้าที่ 30
2. นำหัวโพรบของเซ็นเซอร์วัดความเค็มมาจุ่มในบีกเกอร์ที่เตรียมน้ำแล้ว ดังแสดงในรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 แสดงหัวโพรบของเซ็นเซอร์วัดความเค็ม

3. ทำการอ่านค่าที่ได้จากหน้าจอแอลซีดีแล้วทำการบันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าความเข้มข้นของความเค็มกับแรงดัน

เครื่องมาตรฐาน	เซ็นเซอร์ความเค็ม	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด
0	0.00	0.00
5	4.97	0.60
10	10.40	4.00
15	15.50	3.33
20	21.60	8.00
25	25.10	0.40
30	31.1	3.67
35	31.1	11.14
40	40.3	0.75
45	44.3	1.56

สรุปผลการทดลอง

จากตารางการทดลองที่ 4.8 การทดลองระบบการทำงานของเซ็นเซอร์วัดความเค็มกับวิธีมาตรฐาน เพื่อตรวจสอบความแม่นยำของการเขียนโปรแกรม จะเห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่มากสุดอยู่ที่ 11.14% ที่ความเค็ม 35 ppt ซึ่งค่าเปอร์เซ็นต์ที่ยอมรับได้เท่ากับ 20%

การทดลองที่ 2.6 การทดลองตรวจสอบระบบการปล่อย หรือดึงของลวดสลิงกับการวัดวิธีมาตรฐาน

การทดลองตรวจสอบระบบการดึงของลวดสลิงที่ความลึกใดๆกับวิธีมาตรฐาน เป็นการทดลองเพื่อตรวจสอบระบบการปล่อย หรือดึงของลวดสลิงว่าได้ทำงานตามที่ได้เขียนโปรแกรมไว้หรือไม่ โดยระบบที่ออกแบบนั้นสามารถเช็คค่าการดึงของลวดสลิงได้ว่ามีค่าความผิดพลาดเป็นอย่างไร

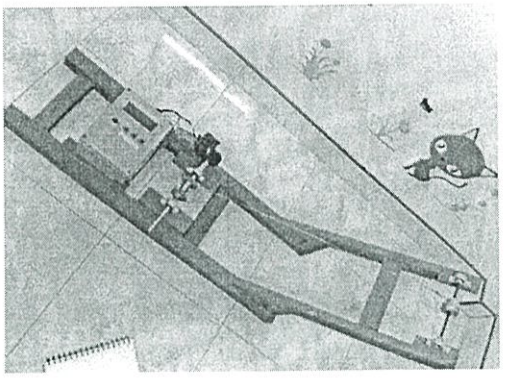
อุปกรณ์

1. บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์
2. ชุดขดลวดสลิง

วิธีการทดลอง

1. นำขดลวดสลิงมาวัดทีละ 1 เมตร แล้วทำตำหนิ
2. ทำการต่ออุปกรณ์ และบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ให้เรียบร้อย ดังแสดงในรูปที่ 4.17
3. ทำการตั้งค่าเครื่องที่ 1 เมตร จากนั้นให้กดสั่งการ โดยเครื่องจะหยุดเมื่อถึง 1 เมตร แล้ววัดค่าด้วยตลับเมตร แล้วบันทึกผลการทดลอง
4. ทำซ้ำข้อ 3 โดยวัดที่ 1, 2, และ 3 เมตร ทำซ้ำอย่างละ 3 ครั้ง แล้วบันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 4.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 แสดงการต่ออุปกรณ์

ตารางที่ 4.9 การดึงขดลวดสลิง

จำนวนเมตรที่ตั้งค่าไว้		จำนวนเมตรที่วัดได้จริง	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด
1	ครั้งที่ 1	1.05	5.00
	ครั้งที่ 2	1.02	2.00
	ครั้งที่ 3	1.08	8.00
2	ครั้งที่ 1	2.00	0.00
	ครั้งที่ 2	2.00	0.00
	ครั้งที่ 3	2.01	0.50
3	ครั้งที่ 1	2.88	4.00
	ครั้งที่ 2	2.98	0.67
	ครั้งที่ 3	2.80	6.67

สรุปผลการทดลอง

จากตารางการทดลองที่ 4.9 เป็นการทดลองตรวจสอบระบบการดึงของลวดสลิงที่ความลึกใดๆกับวิธีมาตรฐาน เพื่อตรวจสอบความแม่นยำของการเขียนโปรแกรม และหาค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของลวดสลิงที่ปล่อยออกจากขด จะเห็นได้ว่าที่ 1 เมตร และ 3 เมตร จะมีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดไม่เกิน 10% แต่ในช่วง 2 เมตร จะเป็นค่าที่แม่นยำมากคือไม่เกิน 1% อาจเนื่องจากการนับขดลวดด้วยการใช้เวลาจะเป็นค่าเฉลี่ย จึงทำให้มีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้

4.3 การทดลองที่ 3 การทดลองประสิทธิภาพของเครื่องวัดคุณภาพน้ำ

การทดลองประสิทธิภาพของเครื่องวัดคุณภาพน้ำ จะแบ่งการทดลองเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ทดลองประสิทธิภาพของเครื่องวัดคุณภาพน้ำที่ความลึก 0 เมตร และส่วนที่สองเป็นการทดลองประสิทธิภาพของเครื่องวัดคุณภาพน้ำที่ความลึก 0-15 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 3.1 การทดลองประสิทธิภาพของเครื่องวัดคุณภาพน้ำที่ความลึก 0 เมตร

การทดลองประสิทธิภาพของเครื่องวัดคุณภาพน้ำที่ความลึก 0 เมตร เพื่อตรวจสอบระบบของเซ็นเซอร์ว่าใช้งานได้ตามที่เขียนโปรแกรมไว้ และเพื่อตรวจสอบการเข้าของน้ำ ซึ่งมีการทดลองดังต่อไปนี้

อุปกรณ์

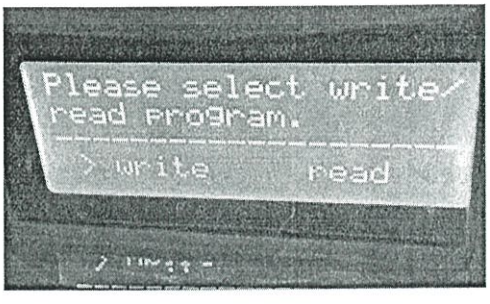
1. เครื่องตรวจคุณภาพน้ำที่ต่อวงจรเสร็จหมดแล้ว
2. เครื่องขึ้นลงอัตโนมัติ
3. น้ำตัวอย่าง

วิธีการทดลอง

1. นำเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำไปสถานที่ต่างๆ ที่กำหนดไว้ คือ สถานีที่ 1 ห้องน้ำหอคอย สถานีที่ 2 น้ำหอพัก และสถานีที่ 3 ทะเลชัอปประมง แสดงดังรูปที่ 4.18

รูปที่ 4.18 แสดงเครื่องวัดคุณภาพน้ำ

2. นำน้ำมาใส่ถัง แล้วเอาเครื่องวัดคุณภาพน้ำจุ่มลงไปให้มิดรปั๊มน้ำ
3. ทำการเปิดเครื่อง แล้วเซตค่าเพื่อที่จะให้โปรแกรมเข้าสู่การทำงาน แสดงดังรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 แสดงโปรแกรมที่จะเข้าสู่การทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. จากนั้นเก็บน้ำที่ได้ไปทดสอบต่อไป

5. กดปุ่มเพื่อดูค่าที่เครื่องวัดคุณภาพน้ำ จากนั้นบันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าที่วัดได้

น้ำตัวอย่าง	เซ็นเซอร์วัดออกซิเจนในน้ำ	เซ็นเซอร์วัดพีเอช	เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ	เซ็นเซอร์วัดความเค็ม
1	7.80	7.00	22.23	0.96
2	7.59	5.35	25.05	1.13
3	8.92	7.66	25.05	30.13

สรุปผลการทดลอง

จากตารางการทดลองที่ 4.10 การทดลองประสิทธิภาพของเครื่องวัดคุณภาพน้ำที่ความลึก 0 เมตร จะทำให้ทราบถึงการใช้งานของเครื่องและการการอ่านของเซ็นเซอร์ต่างๆ ว่าสามารถใช้งานได้ จากค่าที่ได้ จะเห็นว่าในการทดสอบสถานีที่ 1 กับสถานีที่ 2 เป็นน้ำจืด ทำให้ค่าความเค็มมีค่าต่ำมากๆ แต่เมื่อทำการทดสอบในสถานีที่ 3 ซึ่งเป็นน้ำทะเล ค่าความเค็มจะอยู่ประมาณ 30.13 ส่วนค่าออกซิเจนในน้ำ ค่าพีเอช และค่าอุณหภูมิ ในสถานีที่ 1 สถานีที่ 2 และสถานีที่ 3 จะมีค่าใกล้เคียงกัน

การทดลองที่ 3.2 การทำงานรวมของเครื่องวัดคุณภาพน้ำ

การทดลองประสิทธิภาพของเครื่องวัดคุณภาพน้ำที่ความลึก 0-15 เมตร เพื่อตรวจสอบระบบของเซ็นเซอร์ว่าสามารถใช้งานได้จริงตามที่เขียนโปรแกรมไว้หรือไม่ และสามารถลงน้ำที่ระดับความลึกที่กำหนดได้หรือไม่ แล้วยังสามารถเก็บน้ำได้ 3 ระดับหรือไม่

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดคุณภาพน้ำ
2. เครื่องขึ้นลงอัตโนมัติ

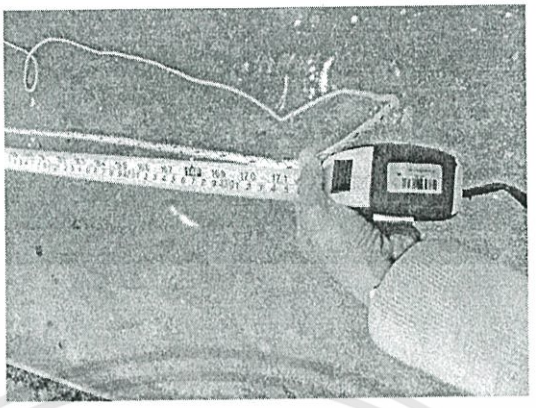
วิธีการทดลอง

1. นำเครื่องวัดคุณภาพน้ำ ไปทดลองในสถานที่ต่างๆ คือ ห้วยตีนจับ สะพานคลองบางสน และเกาะไข่

รูปที่ 4.20 ห้วยตีนจับ สะพานคลองบางสน และเกาะไข่

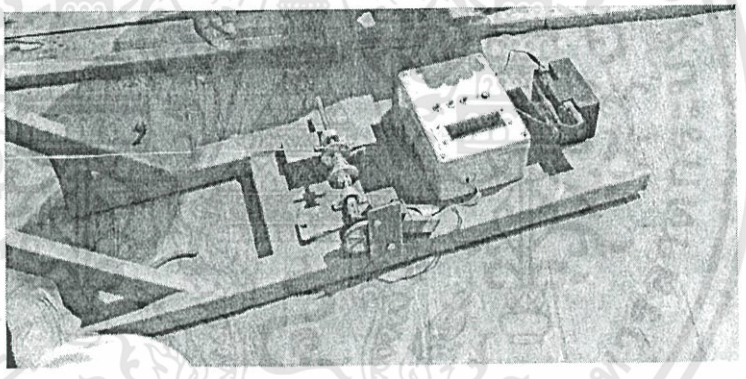
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. นำเชือกที่มีความยาวเกิน 20 เมตร มาทำการวัดระดับน้ำ ว่ามีความลึกเท่าไรก่อน จากนั้นนำเชือกมาวัดระดับน้ำว่ามีความลึกเท่าไร



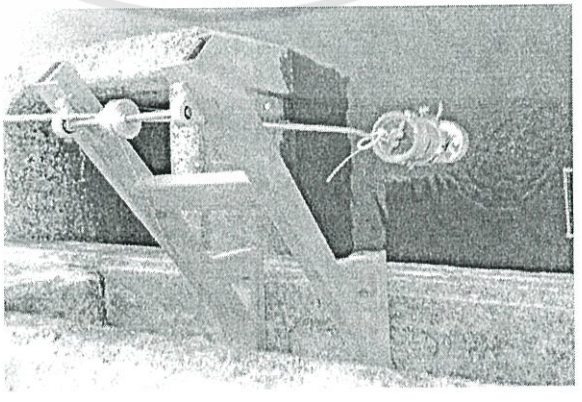
รูปที่ 4.21 แสดงการนำเชือกมาวัดระดับน้ำ

3. ตั้งค่าเครื่องวัดคุณภาพน้ำกับตั้งเครื่องปล่อยอัตโนมัติเสร็จแล้วก็ทำการปล่อยเครื่องวัดคุณภาพน้ำลงสู่น้ำ



รูปที่ 4.22 แสดงการตั้งค่าเครื่องปล่อยอัตโนมัติ

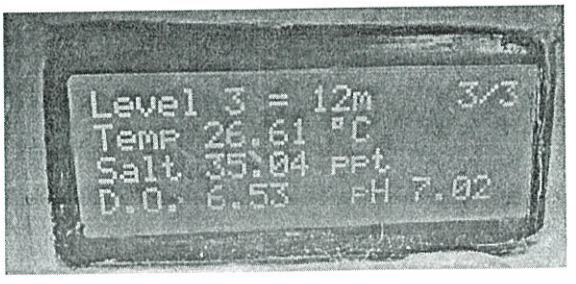
4. เตรียมปล่อยเครื่องวัดคุณภาพน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 4.23



รูปที่ 4.23 แสดงการปล่อยเครื่องวัดคุณภาพน้ำ

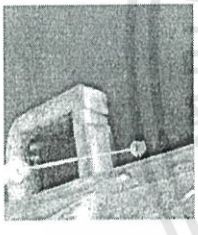
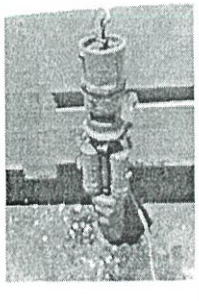
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เมื่อเครื่องวัดคุณภาพน้ำเสร็จ เครื่องวัดคุณภาพน้ำจะถูกเครื่องปล่อยอัตโนมัติดึงขึ้นมา
6. จากนั้นเก็บน้ำที่ได้ไปทดสอบต่อไป
7. กดปุ่มเพื่อดูค่าที่เครื่องวัดคุณภาพน้ำ จากนั้นบันทึกผลการทดลองลงตารางที่ 4.11



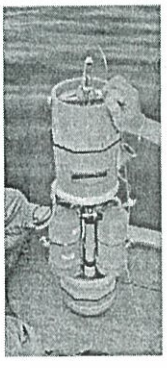
รูปที่ 4.24 แสดงหน้าจอแอลซีดี ที่เกาะไข่ วันที่ 2 ความลึกที่ 3 12 เมตร

ตารางที่ 4.11 การทดสอบเครื่องวัดคุณภาพน้ำ

สถานที่			ความลึก (cm)	เซ็นเซอร์ออกซิเจนในน้ำ	เซ็นเซอร์พีเอช	เซ็นเซอร์อุณหภูมิ (°C)	เซ็นเซอร์ความเค็ม (ppt)
ห้วยตีนจับ 	ครั้งที่ 1	ระดับ 1	1	8.12	6.46	32.25	0.00
		ระดับ 2	2	8.06	6.48	31.82	0.00
	ครั้งที่ 2	ระดับ 1	1	8.89	6.57	32.02	0.00
		ระดับ 2	2	8.25	6.49	31.34	0.00
	ครั้งที่ 3	ระดับ 1	1	9.93	7.00	31.06	0.00
		ระดับ 2	2	8.12	6.48	30.20	0.00
คลองบางสน 	ครั้งที่ 1	ระดับ 1	1	7.22	7.00	29.88	34.75
		ระดับ 2	3	5.40	7.00	26.76	35.26
		ระดับ 3	4	4.90	7.00	26.76	35.9
	ครั้งที่ 2	ระดับ 1	1	8.45	7.00	29.56	34.98
		ระดับ 2	3	6.12	7.00	26.23	35.56
		ระดับ 3	4	5.99	7.00	26.2	35.75
	ครั้งที่ 3	ระดับ 1	1	7.03	7.00	29.65	34.13
		ระดับ 2	3	6.89	7.00	27.03	35.12
		ระดับ 3	4	5.10	7.00	26.89	35.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

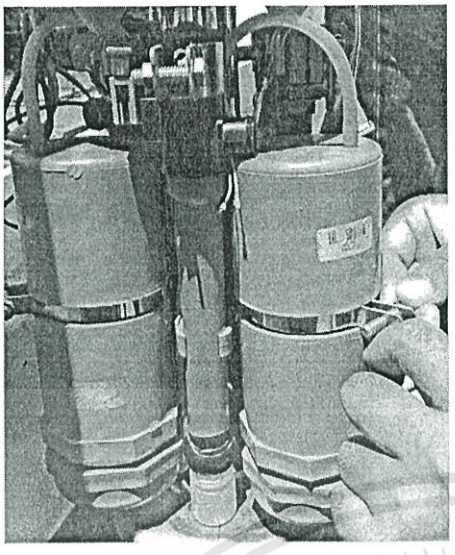
ตารางที่ 4.11 (ต่อ) การทดสอบเครื่องวัดคุณภาพน้ำ

สถานที่			ความลึก (cm)	เซ็นเซอร์ออกซิเจนในน้ำ	เซ็นเซอร์วัดพีเอช	เซ็นเซอร์อุณหภูมิ (°C)	เซ็นเซอร์ความเค็ม (ppt)
เกาะไข่ 	ครั้งที่ 1	ระดับ 1	5	6.34	7.20	29.82	35.03
		ระดับ 2	10	6.02	7.17	27.03	35.12
		ระดับ 3	15	5.55	7.17	25.66	35.68
	ครั้งที่ 2	ระดับ 1	5	6.02	7.20	30.54	34.89
		ระดับ 2	10	5.76	7.20	28.47	35.24
		ระดับ 3	15	5.71	7.20	26.55	35.75
	ครั้งที่ 3	ระดับ 1	5	6.89	7.34	29.89	34.78
		ระดับ 2	10	6.24	7.20	27.76	35.31
		ระดับ 3	15	5.87	7.20	26.67	35.67
เกาะไข่ วันที่ 2	ครั้งที่ 1	ระดับ 1	1	7.23	7.02	30.14	34.98
		ระดับ 2	6	6.89	7.02	29.36	35.02
		ระดับ 3	12	6.53	7.02	26.61	35.04

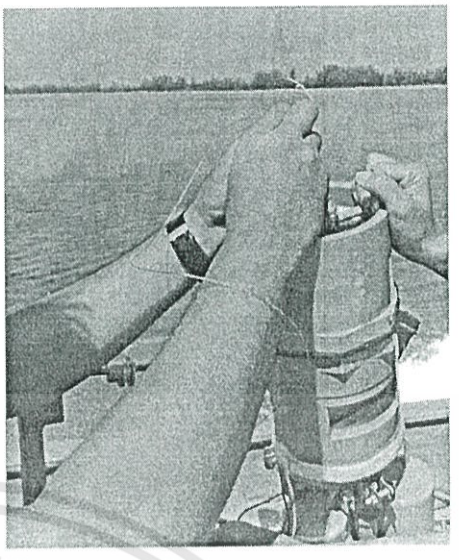
สรุปผลการทดลอง

จากตารางการทดลองที่ 4.11 การทดลองประสิทธิภาพของเครื่องวัดคุณภาพน้ำที่ความลึก 0-15 เมตร เพื่อจะดูประสิทธิภาพของเครื่องวัดคุณภาพน้ำ จะพบว่าค่าออกซิเจนในน้ำที่ห้วยตีนจับ มีค่าอยู่ประมาณ 8-9 ส่วนน้ำที่คลองบางสนกับเกาะไข่มีค่าอยู่ประมาณ 5-7 และเมื่อน้ำยิ่งลึกค่าออกซิเจนในน้ำก็จะยิ่งลดลงตามความลึก ค่าพีเอชจะมีค่าอยู่ที่ประมาณ 7 ทั้งสามสถานที่ ส่วนความลึกไม่มีผลต่อค่าพีเอช ค่าอุณหภูมิจะอยู่ในช่วง 25-32 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับเวลาในการทดลอง ส่วนความลึก ถ้ามีความลึกมากอุณหภูมิก็จะลดลงด้วย และค่าความเค็ม ในห้วยตีนจับจะเป็นน้ำจืดทำให้ไม่มีการนำไฟฟ้าค่าที่ได้จึงเป็น 0 ppt คือไม่มีความเค็ม แต่ในคลองบางสนกับเกาะไข่จะมีความเค็มอยู่ประมาณ 34-36 ppt และเมื่อลึกมากขึ้นความเค็มจะเพิ่มขึ้น แล้วยังสามารถเก็บน้ำขึ้นมาทดลองในห้องปฏิบัติการได้อีกด้วย

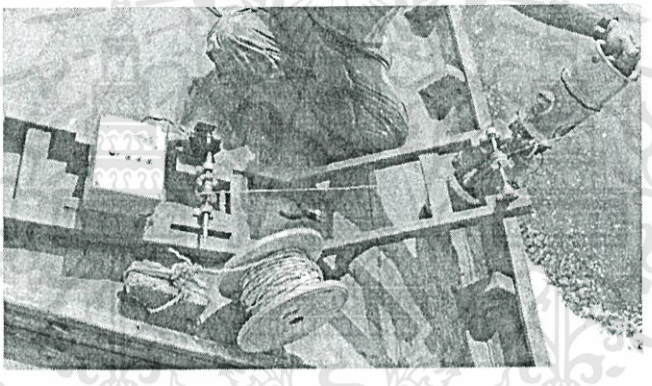
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



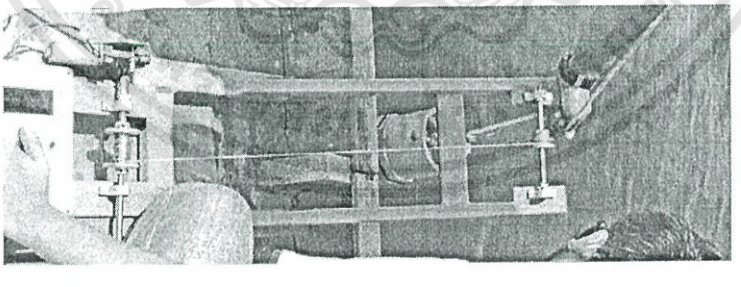
รูปที่ 4.25 แสดงใส่กระบอกน้ำ



รูปที่ 4.26 แสดงการใส่ลวดสลิง



รูปที่ 4.27 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด ขณะเดินทาง



รูปที่ 4.28 แสดงการปล่อยเครื่องวัดคุณภาพน้ำลงสู่ทะเล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึง สรุปผลการทดลองต่างๆ ปัญหาและอุปสรรคในการทำโครงงานวิจัย โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งและเก็บตัวอย่างน้ำแบบ 3 ระดับความลึก มีการแยกการทดลองเป็น 3 ส่วน คือ การใช้งานพื้นฐานของเซ็นเซอร์ การศึกษาประสิทธิภาพของระบบ และการทดลองประสิทธิภาพของเครื่องวัดคุณภาพน้ำ

ในการทดลองที่ 1 การใช้งานพื้นฐานของเซ็นเซอร์ จะพบว่ามีการเขียนกราฟเชิงเส้น แล้วทำให้ค่าการวิเคราะห์แบบถดถอยให้เข้าใกล้ 1 มากที่สุด เพื่อนำสมการที่ได้ไปเขียนโปรแกรม ในการทดลองที่ 2 การศึกษาประสิทธิภาพของระบบ เพื่อตรวจสอบเซ็นเซอร์วัดออกซิเจนในน้ำว่ามีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดไม่เกิน 25% ซึ่งเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่ยอมรับได้เท่ากับ 30% เซ็นเซอร์วัดพีเอช จะมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของค่าพีเอช 4 พีเอช 7 และค่าพีเอช 10 ไม่เกิน 20 % ซึ่งจะมีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด 20 % เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ จะมีเปอร์เซ็นความผิดพลาดมากที่สุดที่ 5 องศาเซลเซียส เนื่องจากในการเขียนโปรแกรมใช้ค่าอุณหภูมิส่วนมากอยู่ที่ในช่วง 20-45 องศาเซลเซียส จะมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดไม่เกิน 20% เซ็นเซอร์วัดความเค็ม จะเห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดจะมีค่าที่ไม่แน่นอน แต่ค่าเปอร์เซ็นเซอร์ความผิดพลาดของเซ็นเซอร์ทุกตัวสามารถอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ จึงไม่มีปัญหากับการนำไปใช้งาน และการทดลองตรวจสอบระบบการปล่อยลวดสลิงยาวทีละ 1 เมตร เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดไม่เกิน 10 % จากการทดลองประสิทธิภาพของเครื่องวัดคุณภาพน้ำ ว่ามีประสิทธิภาพในการลงน้ำได้ลึกจริง 0-15 เมตร สามารถเก็บน้ำได้ 3 ระดับความลึกตามที่ตั้งค่าไว้ แล้วยังสามารถวัดค่าออกซิเจนในน้ำ วัดค่าพีเอช วัดค่าอุณหภูมิ และวัดค่าความเค็ม ซึ่งเป็นผลที่สามารถยอมรับค่าได้อีกด้วย

ดังนั้นจะเห็นได้ว่า การทำงานของเครื่องวัดคุณภาพน้ำสามารถใช้งานได้จริง และยังสามารถวัดค่าออกซิเจนในน้ำ วัดค่าพีเอช วัดค่าอุณหภูมิ และวัดค่าความเค็ม ซึ่งเป็นผลที่สามารถยอมรับค่าได้อีกด้วย

5.2 ปัญหา และอุปสรรค

5.2.1 สำหรับเซ็นเซอร์วัดพีเอช เมื่อมีการทดลองหาเปอร์เซ็นความผิดพลาด จะพบได้ว่าค่าที่ pH 7 ค่าความผิดพลาดที่ยอมรับไม่ได้ ดังนั้นจึงต้องมีการตรวจสอบใหม่

5.2.2 สำหรับเซ็นเซอร์วัดความเค็ม เป็นการสร้างหัวโพรบเซ็นเซอร์ขึ้นมาเอง ทำให้มีการทดลองวงจรหลายวงจรและทำให้เสียเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.3 เซ็นเซอร์วัดความเค็ม ในวงจรที่ใช้อยู่จะมีการต่อตัวเก็บประจุทำให้วงจรมีการทำงานช้า และมีการแก้ไขด้วยการต่อตัวต้านทานเพื่อให้วงจรทำงานได้เร็วขึ้น

5.2.4 ในการเขียนโปรแกรมมีการใช้ PIC 18F46K22 อาจเป็นเบอร์ที่ใหม่ ทำให้ต้องมีการศึกษาเรียนรู้ แล้วทำให้ต้องใช้เวลาในการเรียนรู้เพิ่มขึ้น

5.2.5 ในการทำตัวเครื่องวัดคุณภาพน้ำ การต่อสายไฟที่มีที่เก็บน้อย ทำให้ต้องทำบอร์ดเล็กและทำให้มีสายไฟเยอะ

5.2.6 ในการทำตัวเครื่องวัดคุณภาพน้ำ การต่อเกลียวหรือช่องต่อสายไฟ ทำให้มีน้ำซึมเข้าตัวเครื่อง และเมื่อเจอแรงดัน ทำให้แรงกดดันน้ำมีค่าสูง น้ำสามารถเข้ามาได้มากขึ้น

5.2.7 ในการทำตัวเครื่องวัดคุณภาพน้ำ หาทางทำให้น้ำเข้าได้ตัวเครื่องวัดคุณภาพน้ำยาก เนื่องจากมีสายไฟ มีแรงดันน้ำ และมีวงจรที่อาจเสียต้องเอาออกมาซ่อม

5.3 ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็นเพิ่มเติม

5.3.1 ในการทำเครื่องวัดคุณภาพน้ำ ควรเปลี่ยนจากการใช้ท่อพีวีซี เป็นการใช้สแตนเลสแทน เนื่องจากจะได้เสียค่าใช้จ่ายครั้งเดียว และยังไม่ทำให้สแตนเลสแตกอีกด้วย

5.3.2 ในการใช้สารที่ป้องกันน้ำ ควรใช้ซิลิโคน เนื่องจากซิลิโคนกันน้ำ

5.3.3 ก่อนเอาลงน้ำเค็ม ควรใช้สีทาให้ทุกส่วนของตัวเครื่อง เพื่อป้องกันสนิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม/เอกสารอ้างอิง

[1] SENSIRION,"**ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคุณภาพน้ำและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ,**" วิรัช จิ๋วแหยม สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2544.

[2] นายวุฒินันท์ เจียมศักดิ์ศิริ, "**ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำและแสดงแผนที่อัตโนมัติ,**" ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, 2554.

[3] นายคงพันธุ์ รุ่งประทีปถาวร, "**สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ,**" หน่วยปฏิบัติการวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีสมองกลฝังตัว, 2553

[4] นายชวลี เฌอกิจ และวิชญ์ ศรีวงษา, "**โครงการจัดทำสถานีเฝ้าระวังคุณภาพน้ำโดยระบบโทรมาตรแบบทุ่นลอยในคลองสารภี จังหวัดปราจีนบุรี,**" กลุ่มวิจัยและพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์, 2553

[5] สมบูรณ์ มั่นความดี และคณะวิจัย, "**โครงการจัดทำสถานีตรวจวัดคุณสมบัติของดินและน้ำ แบบอัตโนมัติผ่านระบบไร้สาร,**" กลุ่มวิจัยและพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์, 2552.

[6] นายนพดล บำพ็ญ และนายอนุชา คงแก้ว, "**เครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำแบบทุ่นลอย,**" มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 2553.

[7] จักรพงษ์ ศรีพนมยม, **คุณภาพน้ำทางการประมง**: การวิเคราะห์และการจัดการการ. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร

[8] วุฒินันท์ เจียมศักดิ์ศิริ,ศุภนิจ พรธีระภัทร,รพีพงศ์ โชครุ่งอิสรานุกูล,วรพันธุ์ ไชยศรีรัตนากูล, วิน บรรจงปรุ, อวิรุทธิ์ ศรีสุวรรณ์,ธวัชชัย คำศรี,"**ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำและแสดงแผนที่อัตโนมัติ,**" 1 มีนาคม พ.ศ.2554 ถึง 31 สิงหาคม พ.ศ.2554

[9] คงพันธ์ รุ่งประทีปถาวร,"**สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ,**" [Online]. หน่วยปฏิบัติการวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีสมองกลฝังตัว (EST),2554.

[10] ชวลี เฌอกิจ และวิชญ์ ศรีวงษา,"**โครงการจัดทำสถานีเฝ้าระวังคุณภาพน้ำโดยระบบโทรมาตร แบบทุ่นลอยในคลองสารภี จังหวัดปราจีนบุรี,**" กลุ่มวิจัยและพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์ และสถาบันพัฒนาการชลประทาน สำนักวิจัย และพัฒนากรมชลประทาน,2553

[11] สมบูรณ์ มั่นความดี, ผจงจิตต์ ศรีสุข และสุภัทตรา นุชนารถ, "**โครงการจัดทำสถานีตรวจวัดคุณสมบัติของดิน และน้ำ แบบอัตโนมัติผ่านระบบไร้สาย,**" 2552.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

วงจรรวม และโปรแกรมควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมไมโครคอนโทรเลอร์ชุดดึงเครื่อง (บนน้ำ)

```
#include <18f46k22.h>
#include <stdlib.h>
#fuses INTRC,NOWDT,NOPROTECT,
NODEBUG,PLLEN
//Ineternal 16MHz + PLL(4)
#use delay(clock=64000000)
int8 sw1=1,sw2=0,sw3,sw4,num=16,
swm1,swm2;      // ตัวแปลชนิดจำนวนเต็ม
// sw1 ใช้ในค่าสวิตช์เมนูเขียน/อ่าน
// sw2 ใช้ในค่าสวิตช์เมนูเลือกระดับ1-3
// sw3 ใช้ในค่าสวิตช์เมนูอ่าน
// sw4 ใช้ในค่าสวิตช์เมนูเลือกความลึก1
// num ใช้ฟังก์ชั่นนับเวลาถอยหลัง
void swi1()        // ค่าสวิตช์เมนูเขียน/อ่าน
{
  if(!input(PIN_E2))  // ถ้ากดสวิตช์ขึ้น
  {
    sw1++;              // เพิ่มค่าตัวแปล sw1
    delay_ms(500); // หน่วงเวลา 500 ms
  }
  if(!input(PIN_E1)   // ถ้ากดสวิตช์ลง
  {
    sw1--;              // ลดค่าตัวแปล sw1
    delay_ms(500); // หน่วงเวลา 500 ms
  }
}
void swi2()   // ค่าสวิตช์เมนูเลือกระดับ1-3
{
  if(!input(PIN_E2))  // ถ้ากดสวิตช์ขึ้น
  {
    sw2++;              // เพิ่มค่าตัวแปล sw2
    delay_ms(500); // หน่วงเวลา 500 ms
  }
  if(!input(PIN_E1))  // ถ้ากดสวิตช์ลง
  {
    sw2--;              // ลดค่าตัวแปล sw2
    delay_ms(500); // หน่วงเวลา 500 ms
  }
}
void swi3()           // ค่าสวิตช์เมนูอ่าน
{
  if(!input(PIN_E2))  // ถ้ากดสวิตช์ขึ้น
  {
    sw3++;              // เพิ่มค่าตัวแปล sw3
    delay_ms(500); // หน่วงเวลา 500 ms
  }
  if(!input(PIN_E1))  // ถ้ากดสวิตช์ลง
  {
    sw3--;              // ลดค่าตัวแปล sw3
    delay_ms(500); // หน่วงเวลา 500 ms
  }
}
void swi4()  // ค่าสวิตช์เมนูเลือกความลึก1
{
  if(!input(PIN_E2))  // ถ้ากดสวิตช์ขึ้น
  {
    sw4++;              // เพิ่มค่าตัวแปล sw4
    delay_ms(500); // หน่วงเวลา 500 ms
  }
  if(!input(PIN_E1))  // ถ้ากดสวิตช์ลง
  {
    sw4--;              // ลดค่าตัวแปล sw4
    delay_ms(500); // หน่วงเวลา 500 ms
  }
}
void time(void)    // ฟังก์ชั่นย่อย time
{
  num--;          // ลดค่าตัวแปล num
  delay_ms(700); // หน่วงเวลา 700 ms
}
void num6(void) // ฟังก์ชั่นย่อย num6
{
  num=16;         // กำหนดให้ num=16
  while(TRUE)     // ทำซ้ำเมื่อจริง
  {
  output_high(PIN_D7);
  output_low(PIN_D6); // มอเตอร์ปล่อยลง
  swm1++;             // เพิ่มค่าตัวแปล swm1
  delay_ms(50); // หน่วงเวลา 50 ms
  if(swm1==8)  // ถ้า swm1 = 8
  {
    swm2++;   // เพิ่มค่าตัวแปล swm2
    swm1=0;    // ให้ swm1=0
    delay_ms(50); // หน่วงเวลา 50 ms
  }
  lcd_gotoxy(1,1); // แสดงlcdหลัก1แถว1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    printf(lcd_putc, "\flevel 3 = %d  meter",sw4);
// แสดงค่า sw4
    printf(lcd_putc, "\nNow     = %d
meter%d",swm2,swm1);
// แสดงค่า swm1, swm2
    delay_ms(980); // หน่วงเวลา 980 ms
    if(swm2==sw4) // ถ้า swm2=swm4
    {
     while(TRUE) // ทำซ้ำเมื่อจริง
     {
      time();       // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย time
      output_low(PIN_D6);
      output_low(PIN_D7);
// ให้มอเตอร์หยุดทำงาน
      printf(lcd_putc, "\fPump 3 Start");
      printf(lcd_putc, "\n%d seccond",num);        //
แสดงค่า num
      delay_ms(500);//หน่วงเวลา500ms
      if(num<=0)       // ถ้า num<=0
      {
       while(TRUE)    // ทำซ้ำเมื่อจริง
       {
        output_high(PIN_D6);
        output_low(PIN_D7);
// มอเตอร์ดึงขึ้น
        printf(lcd_putc, "\fPump 3 Stop");
    printf(lcd_putc, "\nmotor up");
    delay_ms(500);    // หน่วงเวลา500ms
    if(!input(PIN_E0)) // ถ้ากดตกลง
    {
     while(TRUE)      // ทำซ้ำเมื่อจริง
     {
      output_low(PIN_D6);
      output_low(PIN_D7);
// ให้มอเตอร์หยุดทำงาน
      printf(lcd_putc, "\fFinish Program");
      delay_ms(500); //หน่วงเวลา500ms
     }
    }
   }
  }
 }
}
}
void num5(void)  // ฟังก์ชั่นย่อย num5
{
 num=16;          // ให้ num=16
 while(TRUE)      // ทำซ้ำเมื่อจริง
 {
  output_high(PIN_D7);
  output_low(PIN_D6); // มอเตอร์ปล่อยลง
  swm1++;         // เพิ่มค่าตัวแปล swm1
  delay_ms(50);  // หน่วงเวลา 50 ms
  if(swm1==8) // ถ้า swm1 = 8
  {
   swm2++;     // เพิ่มค่าตัวแปล swm2
   swm1=0;     // ให้ swm1=0
   delay_ms(50); // หน่วงเวลา 50 ms
  }
  lcd_gotoxy(1,1);  // แสดงlcdหลัก1แถว1
  printf(lcd_putc, "\flevel 2 = %d meter
%d",sw3,swm1);     // แสดงค่า sw3,swm1
  printf(lcd_putc, "\nNow     = %d meter",swm2);
// แสดงค่า swm2
  delay_ms(980);      // หน่วงเวลา980ms
  if(swm2==sw3)      // ถ้า swm2=sw3
  {
   while(TRUE)       // ทำซ้ำเมื่อจริง
   {
    time();          // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย time
    output_low(PIN_D6);
    output_low(PIN_D7);
// ให้มอเตอร์หยุดทำงาน
    printf(lcd_putc, "\fPump 2 Start");
    printf(lcd_putc, "\n%d seccond",num);        //
แสดงค่า num
    delay_ms(500);  // หน่วงเวลา500ms
    if(num<=0)       // ถ้า num<=0
    {
     while(TRUE)    // ทำซ้ำเมื่อจริง
     {
      num6();     // ใช้ฟังก์ชั่นย่อยnum6
     }
    }
   }
  }
 }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
}
void num4(void)  // ฟังก์ชั่นย่อย num4
{
  swm1=0;          // ให้ swm1=0
  swm2=0;          // ให้ swm2=0
  while(TRUE)      // ทำซ้ำเมื่อจริง
  {
    output_high(PIN_D7);
    output_low(PIN_D6); //มอเตอร์ปล่อยลง
    swm1++;        // เพิ่มค่าตัวแปล swm1
    delay_ms(50); // หน่วงเวลา 50 ms
    if(swm1==8)   // ถ้า swm1 = 8
    {
      swm2++;     // เพิ่มค่าตัวแปล swm2
      swm1=0;     // ให้ swm1=0
      delay_ms(50); // หน่วงเวลา 50 ms
    }
    lcd_gotoxy(1,1); // แสดงlcdหลัก1แถว1
    printf(lcd_putc, "\flevel 1 = %d meter
%d",sw2,swm1);    // แสดงค่า sw2,swm1
    printf(lcd_putc, "\nNow     = %d meter",swm2);
// แสดงค่า swm2
    delay_ms(980); // หน่วงเวลา 980 ms
    if(swm2==sw2) // ถ้า swm2=sw2
    {
     while(TRUE)   // ทำซ้ำเมื่อจริง
     {
       time();        // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย time
       output_low(PIN_D6);
       output_low(PIN_D7);
// ให้มอเตอร์หยุดทำงาน
       printf(lcd_putc, "\fPump 1 Start");
       printf(lcd_putc, "\n%d seccond",num);    // แสดง
ค่า num
       delay_ms(500); // หน่วงเวลา500ms
       if(num<=0)    // ถ้า num=0
       {
         while(TRUE) // ทำซ้ำเมื่อจริง
         {
            num5();   // ใช้ฟังก์ชั่นย่อยnum5
         }
       }
     }
   }
 }
}
void meter3(void) // ฟังก์ชั่นย่อย meter3
{
  while(TRUE)      // ทำซ้ำเมื่อจริง
  {
    lcd_gotoxy(1,1); // แสดงlcdหลัก1แถว1
    printf(lcd_putc, "\fPlease key up/down");
  delay_ms(300);   // หน่วงเวลา 300 ms
  if(input(PIN_E2)&&input(PIN_E1))
// ถ้าไม่กดสวิตช์ขึ้นและไม่กดสวิตช์ลง
  {
  output_low(PIN_D6);
  output_low(PIN_D7);
// ให้มอเตอร์หยุดทำงาน
  }
  if(!input(PIN_E2)) // ถ้ากดสวิตช์ลง
  {
    output_high(PIN_D6);
    output_low(PIN_D7); // มอเตอร์ดึงขึ้น
  }
  if(!input(PIN_E1)) // ถ้ากดสวิตช์ขึ้น
  {
    output_high(PIN_D7);
    output_low(PIN_D6); //มอเตอร์ปล่อยลง
  }
  if(!input(PIN_E0)) // ถ้ากดสวิตช์ตกลง
  {
    num4();          // ใช้ฟังก์ชั่นย่อยnum4
  }
 }
}
void level6(void)  // ฟังก์ชั่นย่อย level6
{
  lcd_gotoxy(1,1);  // แสดงlcdหลัก1แถว1
  printf(lcd_putc, "\flevel 2 from %d-30 m",sw3);
// แสดงค่า sw3
  printf(lcd_putc, "\nlevel 4 =    meter");
  sw4=sw3+1;
  while(TRUE)        // ทำซ้ำเมื่อจริง
  {
    swi4();          // ใช้ฟังก์ชั่นย่อยswi4
    if(sw4==sw3)    // ถ้า sw4=sw3
    {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    sw4=30;       // ให้ sw4=30
   }
   if(sw4==9)      // ถ้า sw4=9
   {
    lcd_gotoxy(12,2); // แสดงlcdหลัก12แถว2
    printf(lcd_putc, "  ");
   }
   if(sw4==21)     // ถ้า sw4=21
   {
    sw4=sw3+1;
    lcd_gotoxy(12,2); // แสดงlcdหลัก12แถว2
    printf(lcd_putc, "  ");
   }
   lcd_gotoxy(11,2); // แสดงlcdหลัก11แถว2
   printf(lcd_putc, "%d",sw4);
// แสดงค่า sw4
   delay_ms(300); // หน่วงเวลา 300 ms
   if(!input(PIN_E0)) // ถ้ากดสวิตช์ตกลง
   {
    meter3(); // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย meter3
   }
  }
}
void level5(void) // ฟังก์ชั่นย่อย level5
{
  lcd_gotoxy(1,1); // แสดงlcdหลัก1แถว1
  printf(lcd_putc, "\flevel 2 from %d-30 m",sw2);
// แสดงค่า sw2
  printf(lcd_putc, "\nlevel 2 =    meter");
  sw3=sw2+1;
  while(TRUE)     // ทำซ้ำเมื่อจริง
  {
   swi3();        // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย swi3
   if(sw3==sw2)   // ถ้า sw3=sw2
   {
    sw3=19;       // ให้ sw3=19
   }
   if(sw3==9)     // ถ้า sw3=9
   {
    lcd_gotoxy(12,2);
// แสดงlcdหลัก12แถว2
    printf(lcd_putc, "  ");
   }
   if(sw3==30)    // ถ้า sw3=30
   {
    sw3=sw2+1;
    lcd_gotoxy(12,2); // แสดงlcdหลัก12แถว2
    printf(lcd_putc, "  ");
   }
   lcd_gotoxy(11,2);
// แสดงlcdหลัก11แถว2
   printf(lcd_putc, "%d",sw3);
// แสดงค่า sw3
   delay_ms(300);    // หน่วงเวลา300ms
   if(!input(PIN_E0))  // ถ้ากดสวิตช์ตกลง
   {
    level6();       // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย level6
   }
  }
}
void level4(void) // ฟังก์ชั่นย่อย level4
{
  lcd_gotoxy(1,1); // แสดงlcdหลัก1แถว1
  printf(lcd_putc, "\flevel 1 from 0-18 m.");
  printf(lcd_putc, "\nlevel 1 =    meter");
  while(TRUE)     // ทำซ้ำเมื่อจริง
  {
   swi2();        // ใช้ฟังก์ชั่นย่อยswi2
   if(sw2==-1)    // ถ้า sw2=-1
   {
    sw2=18;       // ให้ sw2=18
   }
   if(sw2==9)     // ถ้า sw2=9
   {
   lcd_gotoxy(12,2);
// แสดงlcdหลัก12แถว2
   printf(lcd_putc, "  ");
  }
  if(sw2==19)       // ถ้า sw2=19
  {
   sw2=0;           // ให้ sw2=0
   lcd_gotoxy(12,2);
// แสดงlcdหลัก12แถว2
   printf(lcd_putc, "  ");
  }
  lcd_gotoxy(11,2);
// แสดงlcdหลัก11แถว2
  printf(lcd_putc, "%d",sw2);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
// แสดงค่า sw2
  delay_ms(300);     // หน่วงเวลา 300 ms
  if(!input(PIN_E0))   // ถ้ากดสวิตช์ตกลง
  {
    level5();        // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย level5
  }
 }
}
void num3(void) // ฟังก์ชั่นย่อย num3
{
  num=16;          // ให้ num=16
  while(TRUE)      // ทำซ้ำเมื่อจริง
  {
    output_high(PIN_D7);
    output_low(PIN_D6); //มอเตอร์ปล่อยลง
    swm1++;          // เพิ่มค่าตัวแปล swm1
    delay_ms(50);    // หน่วงเวลา 50 ms
    if(swm1==8)      // ถ้า swm1 = 8
    {
      swm2++;        // เพิ่มค่าตัวแปลswm2
      swm1=0;        // ให้ swm1=0
      delay_ms(50); // หน่วงเวลา 50 ms
    }
    lcd_gotoxy(1,1); // แสดงlcdหลัก1แถว1
    printf(lcd_putc, "\flevel 2 = %d meter
%d",sw3,swm1);     // แสดงค่า sw3,swm1
    printf(lcd_putc, "\nNow     = %d meter",swm2);
// แสดงค่า swm2
    delay_ms(980); // หน่วงเวลา 980 ms
    if(swm2==sw3) // ถ้า swm2=sw3
    {
      while(TRUE)    // ทำซ้ำเมื่อจริง
      {
        time();        // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย time
        output_low(PIN_D6);
        output_low(PIN_D7);
// ให้มอเตอร์หยุดทำงาน
        printf(lcd_putc, "\fPump 2 Start");
        printf(lcd_putc, "\n%d seccond",num);        //
แสดงค่า num
        delay_ms(500); //หน่วงเวลา500ms
        if(num<=0)       // ถ้า num<=0
        {
          while(TRUE)    // ทำซ้ำเมื่อจริง
          {
            output_high(PIN_D6);
            output_low(PIN_D7);
// มอเตอร์ดึงขึ้น
            printf(lcd_putc, "\fPump 2 Stop");
            printf(lcd_putc, "\nmotor up");
            delay_ms(500);//หน่วงเวลา500ms
            if(!input(PIN_E0 // ถ้ากดสวิตช์ตกลง
            {
              while(TRUE) // ทำซ้ำเมื่อจริง
              {
                output_low(PIN_D6);
                output_low(PIN_D7);
// ให้มอเตอร์หยุดทำงาน
                printf(lcd_putc, "\fFinish Program");
                delay_ms(500);
// หน่วงเวลา 500 ms
              }
            }
          }
        }
      }
    }
  }
  void num2(void)     // ฟังก์ชั่นย่อย num2
  {
    swm1=0;          // ให้ swm1=0
    swm2=0;          // ให้ swm2=0
    while(TRUE)      // ทำซ้ำเมื่อจริง
    {
      output_high(PIN_D7);
      output_low(PIN_D6); //มอเตอร์ปล่อยลง
      swm1++;        // เพิ่มค่าตัวแปล swm1
      delay_ms(50);   // หน่วงเวลา 50 ms
      if(swm1==8)     // ถ้า swm1 = 8
      {
        swm2++;       // เพิ่มค่าตัวแปลswm2
        swm1=0;       // ให้ swm1=0
        delay_ms(50); // หน่วงเวลา 50 ms
      }
      lcd_gotoxy(1,1); // แสดงlcdหลัก1แถว1
      printf(lcd_putc, "\flevel 1 = %d meter
%d",sw2,swm1);     // แสดงค่า sw2,swm1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    printf(lcd_putc, "\nNow     = %d meter",swm2);
// แสดงค่า swm2
    delay_ms(980); // หน่วงเวลา 980 ms
    if(swm2==sw2) // ถ้า swm2=sw2
    {
     while(TRUE)   // ทำซ้ำเมื่อจริง
     {
      time();        // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย time
      output_low(PIN_D6);
      output_low(PIN_D7);
// ให้มอเตอร์หยุดทำงาน
      printf(lcd_putc, "\fPump 1 Start");
      printf(lcd_putc, "\n%d seccond",num);    // แสดง
ค่า num
      delay_ms(500); // หน่วงเวลา500ms
      if(num<=0)      // ถ้า num=0
      {
       while(TRUE)  // ทำซ้ำเมื่อจริง
       {
        num3();   // ใช้ฟังก์ชั่นย่อยnum3
       }
      }
     }
    }
   }
}
void meter2(void) // ฟังก์ชั่นย่อย meter2
{
  while(TRUE)       // ทำซ้ำเมื่อจริง
  {
    lcd_gotoxy(1,1); // แสดงlcdหลัก1แถว1
    printf(lcd_putc, "\fPlease key up/down");
    delay_ms(300); // หน่วงเวลา 300 ms
    if(input(PIN_E2)&&input(PIN_E1))
// ถ้าไม่กดสวิตช์ขึ้นและไม่กดสวิตช์ลง
    {
     output_low(PIN_D6);
     output_low(PIN_D7);
// ให้มอเตอร์หยุดทำงาน
    }
    if(!input(PIN_E2)) // ถ้ากดสวิตช์ลง
    {
     output_high(PIN_D6);
     output_low(PIN_D7); // มอเตอร์ดึงขึ้น
    }
    if(!input(PIN_E1))      // ถ้ากดสวิตช์ขึ้น
    {
     output_high(PIN_D7);
     output_low(PIN_D6);
// มอเตอร์ปล่อยลง
    }
    if(!input(PIN_E0) // ถ้ากดสวิตช์ตกลง
    {
     num2();        // ใช้ฟังก์ชั่นย่อยnum2
    }
  }
}
void level3(void)  // ฟังก์ชั่นย่อย level3
{
  lcd_gotoxy(1,1);  // แสดงlcdหลัก1แถว1
  printf(lcd_putc, "\flevel 2 from %d-30 m",sw2);
// แสดงค่า sw2
  printf(lcd_putc, "\nlevel 2 =    meter");
  sw3=sw2+1;
  while(TRUE)       // ทำซ้ำเมื่อจริง
  {
   swi3();          // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย swi3
   if(sw3==sw2)     // ถ้า sw3=sw2
   {
    sw3=30;         // ให้ sw3 = 30
   }
   if(sw3==9)       // ถ้า sw3=9
   {
    lcd_gotoxy(12,2);
// แสดงlcdหลัก12แถว2
    printf(lcd_putc, "  ");
   }
   if(sw3==21)      // ถ้า sw3=21
   {
    sw3=sw2+1;
    lcd_gotoxy(12,2);
// แสดงlcdหลัก12แถว2
    printf(lcd_putc, "  ");
   }
   lcd_gotoxy(11,2);
// แสดงlcdหลัก11แถว2
   printf(lcd_putc, "%d",sw3);
// แสดงค่า sw3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    delay_ms(300);  // หน่วงเวลา 300 ms
    if(!input(PIN_E0)) // ถ้ากดสวิตช์ตกลง
    {
      meter2(); // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย meter2
    }
  }
}
void level2(void)    // ฟังก์ชั่นย่อย level2
{
  lcd_gotoxy(1,1); // แสดงlcdหลัก1แถว1
  printf(lcd_putc, "\flevel 1 from 0-19 m.");
  printf(lcd_putc, "\nlevel 1 =    meter");
  while(TRUE)          // ทำซ้ำเมื่อจริง
  {
    swi2();            // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย swi2
    if(sw2==-1)        // ถ้า sw2 = -1
    {
      sw2=19;          // ให้ sw2 = 19
    }
    if(sw2==9)         // ถ้า sw2 = 9
    {
      lcd_gotoxy(12,2);
// แสดงlcdหลัก12แถว2
      printf(lcd_putc, " ");
    }
    if(sw2==30)        // ถ้า sw2 = 30
    {
      sw2=0;           // ให้ sw2=0
      lcd_gotoxy(12,2);
// แสดงlcdหลัก12แถว2
      printf(lcd_putc, " ");
    }
    lcd_gotoxy(11,2);
// แสดงlcdหลัก11แถว2
    printf(lcd_putc, "%d",sw2);
// แสดงค่า sw2
    delay_ms(300);  // หน่วงเวลา 300 ms
    if(!input(PIN_E0)) // ถ้ากดสวิตช์ตกลง
    {
      level3();        // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย level3
    }
  }
}
void num1(void)    // ฟังก์ชั่นย่อย num1
{
  swm1=0;            // ให้ swm1=0
  swm2=0;            // ให้ swm2=0
  while(TRUE)        // ทำซ้ำเมื่อจริง
  {
    output_high(PIN_D7);
    output_low(PIN_D6); //มอเตอร์ปล่อยลง
    swm1++;          // เพิ่มค่าตัวแปรswm1
    delay_ms(50);    // หน่วงเวลา 50 ms
    if(swm1==8)      // ถ้า swm1 = 8
    {
      swm2++;        // เพิ่มค่าตัวแปรswm2
      swm1=0;        // ให้ swm1=0
      delay_ms(50); // หน่วงเวลา 50 ms
    }
    lcd_gotoxy(1,1); // แสดงlcdหลัก1แถว1
    printf(lcd_putc, "\flevel 1 = %d meter
%d",sw2,swm1);    // แสดงค่า sw2,swm1
    printf(lcd_putc, "\nNow     = %d meter",swm2);
// แสดงค่า swm2
    delay_ms(980); // หน่วงเวลา 980 ms
    if(swm2==sw2) // ถ้า swm2=sw2
    {
      while(TRUE)    // ทำซ้ำเมื่อจริง
      {
      time();          // ใช้ฟังก์ชั่นย่อยtime
      output_low(PIN_D6);
      output_low(PIN_D7);
// ให้มอเตอร์หยุดทำงาน
      printf(lcd_putc, "\fPump 1 Start");
      printf(lcd_putc, "\n%d seccond",num);      // แสดง
ค่า num
      delay_ms(500); // หน่วงเวลา500ms
      if(num<=0)       // ถ้า num=0
      {
        while(TRUE)    // ทำซ้ำเมื่อจริง
        {
          output_high(PIN_D6);
          output_low(PIN_D7);
// มอเตอร์ดึงขึ้น
          printf(lcd_putc, "\fPump 1 Stop");
          printf(lcd_putc, "\nmotor up");
          delay_ms(500);//หน่วงเวลา500ms
          if(!input(PIN_E0))//ถ้ากดสวิตช์ตกลง
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        {
          while(TRUE) // ทำซ้ำเมื่อจริง
          {
            output_low(PIN_D6);
            output_low(PIN_D7);
// ให้มอเตอร์หยุดทำงาน
            printf(lcd_putc, "\fFinish Program");
            delay_ms(500);
// หน่วงเวลา 500 ms
          }
        }
      }
    }
  }
}
void meter1(void) // ฟังก์ชั่นย่อย meter1
{
  while(TRUE)       // ทำซ้ำเมื่อจริง
  {
    lcd_gotoxy(1,1); // แสดงlcdหลัก1แถว1
    printf(lcd_putc, "\fPlease key up/down");
    delay_ms(300); // หน่วงเวลา 300 ms
    if(input(PIN_E2)&&input(PIN_E1))
// ถ้าไม่กดสวิตช์ขึ้นและไม่กดสวิตช์ลง
    {
      output_low(PIN_D6);
      output_low(PIN_D7);
// ให้มอเตอร์หยุดทำงาน
    }
    if(!input(PIN_E2)) // ถ้ากดสวิตช์ลง
    {
      output_high(PIN_D6);
      output_low(PIN_D7); // มอเตอร์ดึงขึ้น
    }
    if(!input(PIN_E1)) // ถ้ากดสวิตช์ขึ้น
    {
      output_high(PIN_D7);
      output_low(PIN_D6);
// มอเตอร์ปล่อยลง
    }
    if(!input(PIN_E0)) // ถ้ากดสวิตช์ตกลง
    {
      num1();       // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย num1
    }
  }
}
void level1(void)   // ฟังก์ชั่นย่อย level1
{
  lcd_gotoxy(1,1); // แสดงlcdหลัก1แถว1
  printf(lcd_putc, "\flevel 1 from 0-30 m.");
  printf(lcd_putc, "\nlevel 1 =    meter");
  while(TRUE)       // ทำซ้ำเมื่อจริง
  {
    swi2();          // ใช้ฟังก์ชั่นย่อยswi2
    if(sw2==-1)     // ถ้า sw2 = -1
    {
      sw2=30;       // ให้ sw2 = 30
    }
    if(sw2==9)      // ถ้า sw2 = 9
    {
    lcd_gotoxy(12,2);
// แสดงlcdหลัก12แถว2
    printf(lcd_putc, " ");
    }
    if(sw2==21)       // ถ้า sw2 = 21
    {
      sw2=0;          // ให้ sw2=0
      lcd_gotoxy(12,2);
// แสดงlcdหลัก12แถว2
      printf(lcd_putc, " ");
    }
    lcd_gotoxy(11,2);
// แสดงlcdหลัก11แถว2
    printf(lcd_putc, "%d",sw2);
// แสดงค่า sw2
    delay_ms(300);  // หน่วงเวลา300ms
    if(!input(PIN_E0)) // ถ้ากดสวิตช์ตกลง
    {
      meter1(); // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย meter1
    }
  }
}
void main()          // ฟังก์ชั่นหลัก
{
  lcd_gotoxy(1,1);  // แสดงlcdหลัก1แถว1
  printf(lcd_putc, "\fPlease select 1-3");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  printf(lcd_putc, "\nlevel = ");
  while(TRUE)          // ทำซ้ำเมื่อจริง
  {
   swi1();             // ใช้ฟังก์ชั่นย่อยswi1
   if(sw1==0)          // ถ้า sw1 = 0
   {
    sw1=3;
   }
   if(sw1==4)
   {
    sw1=1;
   }
   lcd_gotoxy(9,2); //แสดงlcdหลัก9แถว2
   printf(lcd_putc, "%d",sw1);
   delay_ms(300); // หน่วงเวลา 300 ms
   if(!input(PIN_E0)) // ถ้ากดสวิตช์ตกลง
   {
    switch(sw1)
    {
      case 1:level1();
// ใช้ฟังก์ชั่นย่อย level1
       break;          // หยุด
       case 2:level2();
// ใช้ฟังก์ชั่นย่อย level2
       break;          // หยุด
       case 3:level4();
// ใช้ฟังก์ชั่นย่อย level4
       break;          // หยุด
     }while(TRUE);   // ทำซ้ำเมื่อจริง
    }
  }
}
// ----- จบโปแกรมไมโครคอนโทรเลอร์ชุดดึงเครื่อง (บนน้ำ) -
---//
```

โปรแกรมไมโครคอนโทรเลอร์ชุดควบคุมเซนเซอร์และชุดเก็บน้ำ (ใต้น้ำ)

```
#include <18f46k22.h>
#device ADC = 10  // ใช้ฟังก์ชั่น ADC
#include <math.h>   // ใช้ไฟล์ math.h
#include <stdlib.h>   // ใช้ไฟล์ stdlib.h
#fuses INTRC,NOWDT,NOPROTECT,NODEBUG,
PLLEN      //Ineternal 16MHz + PLL(4)
#use delay(clock=64000000)
#use rs232(baud=38400, xmit=PIN_C6, rcv=PIN_C7,
bits=8, parity=N, STOP=1, stream=CH1)          // ตั้งค่า
พอร์ทอนุกรม
#define BUF_LEN 30 // ตัวแปรบัฟเฟอร์
int8 buf[BUF_LEN+1],wr_index=0,
msg_ready=0,i=1;    // ตัวแปร do, ph
int8 sw1=1,sw2=1,sw3=1,eesw2,
swm1=0,swm2=0;   // ตัวแปรสวิตช์
int8 sw4=0,sw5=0,sw6=0,num;                    // ตัว
แปรเก็บค่าระดับความลึก
int16 temp_adc,salt_adc; // ตัวแปรเก็บค่าจำนวนบิต
อนาล็อกเป็นดิจิตอล
float temp_volt,salt_volt,temp,salt;
// ตัวแปรเก็บค่าแรงดันที่อ่านได้
float tee1,tee2,tee3,result;                   // ตัวแปร
เก็บ eeprom ค่าอุณหภูมิ
float see1,see2,see3;                          // ตัวแปร
เก็บ eeprom ค่าความเค็ม
float mee1,mee2,mee3;                          // ตัว
แปรเก็บ eeprom ค่าระดับความลึก
float doee1,doee2,doee3;                       // ตัว
แปรเก็บ eeprom ค่าออกซิเจนในน้ำ
float phee1,phee2,phee3;                       // ตัว
แปรเก็บ eeprom ค่าพีเอช

//---------- interupt do,ph ----------//
#INT_RDA   // เปิดอินเตอร์รัพท์ RDA
void serial_isr()   // ฟังก์ชั่นย่อยserial_isr
{
 int8 ch;   // เก็บค่าจำนวนเต็ม
 ch = getc();    // รอรับค่าที่ส่งมาทางพอร์ทอนุกรม
 if(ch != '\r' && wr_index < BUF_LEN)
// ถ้าไม่มีการส่งข้อมูลกลับมาและ wr_index < BUF_LEN
 {
   buf[wr_index++]=ch;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
// เพิ่มค่าตัวแปร wr_index ในบัฟเฟอร์และให้เก็บค่าในตัว
แปร ch
  }
  else              // ถ้าเงื่อนไขไม่เป็นจริง
  {
    msg_ready=1; // ให้ msg_ready=1
  }
}
//-------- interupt do,ph end --------//

//---------- eeprom set ----------//
void write_float_to_eeprom(int8 addr, float data)
// ฟังก์ชั่นย่อยเขียน eeprom เป็นทศนิยม
{
  int8 i;       // เก็บค่าจำนวนเต็ม
  for(i = 0; i < 4; i++)
  write_eeprom(addr+i*((int8*)&data+i));
}

float read_float_from_eeprom(int8 addr)
{
   int8 i;      // เก็บค่าจำนวนเต็ม
   float data;      // เก็บค่าจำนวนทศนิยม
   for(i = 0; i < 4; i++)
   *((int8*)&data+i)=read_eeprom(addr +i);
   return(data);   // return ค่า data เดิม
}
//---------- eeprom set end ----------//

//---------- switch ----------//
void swi1()             // ฟังก์ชั่นย่อยสวิตช์1
{
  if(!input(PIN_B0)) // ถ้ากดสวิตช์ขึ้น
  {
    sw1++;          // เพิ่มค่าตัวแปล sw1
    delay_ms(500); // หน่วงเวลา 500 ms
  }
  if(!input(PIN_B1)) // ถ้ากดสวิตช์ลง
  {
    sw1--;          // ลดค่าตัวแปล sw1
    delay_ms(500);  // หน่วงเวลา 500 ms
   }
}
void swi2()             // ฟังก์ชั่นย่อยสวิตช์2
{
  if(!input(PIN_B0)) // ถ้ากดสวิตช์ขึ้น
  {
    sw2++;          // เพิ่มค่าตัวแปล sw2
    delay_ms(500); // หน่วงเวลา 500 ms
  }
  if(!input(PIN_B1)) // ถ้ากดสวิตช์ลง
  {
    sw2--;          // ลดค่าตัวแปล sw2
    delay_ms(500);  // หน่วงเวลา 500 ms
  }
}

void swi3()       // ฟังก์ชั่นย่อยสวิตช์อ่านค่า
{
  if(!input(PIN_B0)) // ถ้ากดสวิตช์ขึ้น
  {
    sw3++;          // เพิ่มค่าตัวแปล sw3
    delay_ms(500); // หน่วงเวลา 500 ms
  }
  if(!input(PIN_B1)) // ถ้ากดสวิตช์ลง
  {
    sw3--;          // ลดค่าตัวแปล sw3
    delay_ms(500); // หน่วงเวลา 500 ms
  }
}

void swi4()  // ฟังก์ชั่นย่อยสวิตช์ความลึก1
{
  if(!input(PIN_B0)) // ถ้ากดสวิตช์ขึ้น
  {
    sw4++;          // เพิ่มค่าตัวแปล sw4
    delay_ms(500); // หน่วงเวลา 500 ms
  }
  if(!input(PIN_B1)) // ถ้ากดสวิตช์ลง
  {
    sw4--;          // ลดค่าตัวแปล sw4
    delay_ms(500); // หน่วงเวลา 500 ms
  }
}

void swi5()  // ฟังก์ชั่นย่อยสวิตช์ความลึก2
{
  if(!input(PIN_B0)) // ถ้ากดสวิตช์ขึ้น
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  {
    sw5++;          // เพิ่มค่าตัวแปล sw5
    delay_ms(500); // หน่วงเวลา 500 ms
  }
  if(!input(PIN_B1)) // ถ้ากดสวิตช์ลง
  {
    sw5--;          // ลดค่าตัวแปล sw5
    delay_ms(500); // หน่วงเวลา 500 ms
  }
}

void swi6()  // ฟังก์ชั่นย่อยสวิตช์ความลึก3
{
  if(!input(PIN_B0)) // ถ้ากดสวิตช์ขึ้น
  {
    sw6++;          // เพิ่มค่าตัวแปล sw6
    delay_ms(500); // หน่วงเวลา 500 ms
  }
  if(!input(PIN_B1)) // ถ้ากดสวิตช์ลง
  {
    sw6--;          // ลดค่าตัวแปล sw6
    delay_ms(500); // หน่วงเวลา 500 ms
  }
}
//------------ switch end ------------//

void time(void)     // ฟังก์ชั่นย่อย time
{
  num++;            // เพิ่มค่าตัวแปล num
  delay_ms(1000);  // หน่วงเวลา 1 วินาที
}

//-------------- Mode 3 --------------//
void read3(void)   // ฟังก์ชั่นย่อย read3
{
  while(TRUE)       // ทำซ้ำเมื่อจริง
  {
    swi3();         // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย swi3
    sw1=5;          // ให้ sw1 = 5
    if(sw3==0)      // ถ้า sw3 = 0
    {
      sw3=3;        // ให้ sw3 = 3
    }
    if(sw3==1)      // ถ้า sw3 = 1
    {
      sw1=5;        // ให้ sw1 = 5
      result=read_float_from_eeprom(52);          //
อ่านค่าระดับความลึก 1
      lcd_gotoxy(1,1);//แสดงlcdหลัก1แถว1
      printf(lcd_putc, "\fLevel 1 = %.0f", result);
// แสดงค่าระดับความลึก 1
      result=read_float_from_eeprom(0);           //
อ่าค่า sw2
      lcd_gotoxy(13,1);
// แสดงlcdหลัก13แถว1
      printf(lcd_putc, "m    1/%.0f", result);    //
แสดงค่า sw2
      result=read_float_from_eeprom(4);           //
อ่านค่าอุณหภูมิ 1
      lcd_gotoxy(1,2);
// แสดงlcdหลัก1แถว2
      printf(lcd_putc, "Temp %.2f", result);      //
แสดงค่าอุณหภูมิ 1
      lcd_gotoxy(12,2);
// แสดงlcdหลัก12แถว2
      printf(lcd_putc, "%cC",223);
// degree C
      result=read_float_from_eeprom(8);           //
อ่านค่าความเค็ม 1
      lcd_gotoxy(1,3);
// แสดงlcdหลัก1แถว3
      printf(lcd_putc, "Salt %.2f", result);      //
แสดงค่าความเค็ม 1
      lcd_gotoxy(12,3);
// แสดงlcdหลัก12แถว3
      printf(lcd_putc, "ppt");
      result=read_float_from_eeprom(12);          //
อ่านค่าออกซิเจนในน้ำ 1
      lcd_gotoxy(1,4);
// แสดงlcdหลัก1แถว4
      printf(lcd_putc, "D.O. %.2f", result);      // แสดง
ค่าออกซิเจนในน้ำ 1
      result=read_float_from_eeprom(16);          //
อ่านค่าพีเอช 1
      lcd_gotoxy(13,4);
// แสดงlcdหลัก13แถว4
      printf(lcd_putc, "pH %.2f", result);        //
แสดงค่าพีเอช 1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        delay_ms(500); // หน่วงเวลา 500 ms
        }
        if(sw3==2)      // ถ้า sw3 = 2
        {
        result=read_float_from_eeprom(56);          //
อ่านค่าระดับความลึก 2
        lcd_gotoxy(1,1);
// แสดงlcdหลัก1แถว1
        printf(lcd_putc, "\fLevel 2 = %.0f", result);
// แสดงค่าระดับความลึก 2
        result=read_float_from_eeprom(0);           //
อ่านค่า sw2
        lcd_gotoxy(13,1);
 // แสดงlcdหลัก13แถว1
        printf(lcd_putc, "m    2/%.0f", result);    //
แสดงค่า sw2
        result=read_float_from_eeprom(30);          //
อ่านค่าอุณหภูมิ 2
        lcd_gotoxy(1,2);
// แสดงlcdหลัก1แถว2
        printf(lcd_putc, "Temp %.2f", result);      //
แสดงค่าอุณหภูมิ 2
        lcd_gotoxy(12,2);
// แสดงlcdหลัก12แถว2
        printf(lcd_putc, "%cC",223);                //
degree C
        result=read_float_from_eeprom(24);          //
อ่านค่าความเค็ม 2
        lcd_gotoxy(1,3);
// แสดงlcdหลัก1แถว3
        printf(lcd_putc, "Salt %.2f", result);      //
แสดงค่าความเค็ม 2
        lcd_gotoxy(12,3);
// แสดงlcdหลัก12แถว3
        printf(lcd_putc, "ppt");
        result=read_float_from_eeprom(28);          //
อ่านค่าออกซิเจนในน้ำ 2
        lcd_gotoxy(1,4);
// แสดงlcdหลัก1แถว4
        printf(lcd_putc, "D.O. %.2f", result);      //
แสดงค่าออกซิเจนในน้ำ 2
        result=read_float_from_eeprom(32);          //
อ่านค่าพีเอช 2
        lcd_gotoxy(13,4);
// แสดงlcdหลัก13แถว4
        printf(lcd_putc, "pH %.2f", result);        //
แสดงค่าพีเอช 2
        delay_ms(500); // หน่วงเวลา 500 ms
        }
        if(sw3==3)      // ถ้า sw3 = 3
        {
        result=read_float_from_eeprom(60);          //
อ่านค่าระดับความลึก 3
        lcd_gotoxy(1,1);
// แสดงlcdหลัก1แถว1
        printf(lcd_putc, "\fLevel 3 = %.0f", result);
// แสดงค่าระดับความลึก 3
        result=read_float_from_eeprom(0);
// อ่านค่า sw2
        lcd_gotoxy(13,1);
// แสดงlcdหลัก13แถว1
        printf(lcd_putc, "m    3/%.0f", result);    //
แสดงค่า sw2
        result=read_float_from_eeprom(36);          //
อ่านค่าอุณหภูมิ 3
        lcd_gotoxy(1,2);
// แสดงlcdหลัก1แถว2
        printf(lcd_putc, "Temp %.2f", result);      //
แสดงค่าอุณหภูมิ 3
        lcd_gotoxy(12,2);
// แสดงlcdหลัก12แถว2
        printf(lcd_putc, "%cC",223);                //
degree C
        result=read_float_from_eeprom(40);          //
อ่านค่าความเค็ม 3
        lcd_gotoxy(1,3);
// แสดงlcdหลัก1แถว3
        printf(lcd_putc, "Salt %.2f", result);      //
แสดงค่าความเค็ม 3
        lcd_gotoxy(12,3);
// แสดงlcdหลัก12แถว3
        printf(lcd_putc, "ppt");
        result=read_float_from_eeprom(44);          //
อ่านค่าออกซิเจนในน้ำ 3
        lcd_gotoxy(1,4);
// แสดงlcdหลัก1แถว4
        printf(lcd_putc, "D.O. %.2f", result);      //
แสดงค่าออกซิเจนในน้ำ 3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      result=read_float_from_eeprom(48);          //
อ่านค่าพีเอช 3
        lcd_gotoxy(13,4);
// แสดงlcdหลัก13แถว4
      printf(lcd_putc, "pH %.2f", result);          //
แสดงค่าพีเอช 3
      delay_ms(500); // หน่วงเวลา 500 ms
      }
      if(sw3==4)       // ถ้า sw3 = 4
      {
        sw3=1;              // ให้ sw3 = 1
      }
    }
}

void fin3(void)       // ฟังก์ชั่นย่อย fin3
{
  output_low(PIN_E2);   // ปั๊มน้ำ 3 หยุด
  output_low(PIN_D2);   // relay rewind
  delay_ms(300);  // หน่วงเวลา 300 ms
  lcd_gotoxy(1,1); // แสดงlcdหลัก1แถว1
  printf(lcd_putc, "\f   Finish Program ");
  printf(lcd_putc, "\n       Mode 3      ");
  printf(lcd_putc, "\n   Please enter to");
  printf(lcd_putc, "\n      see result    ");
  while(TRUE)         // ทำซ้ำเมื่อจริง
  {
  if(!input(PIN_B2)) // ถ้ากดสวิตช์ตกลง
  {
    read3();          // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย read3
  }
  }
}
void do6(void)      // ฟังก์ชั่นย่อย do6
{
  while(TRUE)       // ทำซ้ำเมื่อจริง
  {
    time();           // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย time
    lcd_gotoxy(17,3);
// แสดงlcdหลัก17แถว3
    printf(lcd_putc, "%d",num);
// แสดงค่า num
    output_high(PIN_D2);   // relay tik
    wr_index=0;      // ให้ wr_index=0
    msg_ready=0;   // ให้ msg_ready=0
    enable_interrupts(INT_RDA);
// เปิดอินเตอร์รัพท์ RDA
    enable_interrupts(GLOBAL);
// เปิดอินเตอร์รัพท์ทั้งหมด
    printf("c\r");   // ส่ง c ผ่านพอร์ทอนุกรม
    printf("l1\r");  // ส่ง l1 ผ่านพอร์ทอนุกรม
    delay_ms(300); // หน่วงเวลา 300 ms
    if(msg_ready)  // ถ้าได้รับข้อมูล
    {
      disable_interrupts(INT_RDA);
// ปิดอินเตอร์รัพท์ RDA
      doee3=atof(buf);
// แปลง ascii เป็น float
      lcd_gotoxy(1,4);//แสดงlcdหลัก1แถว4
      printf(lcd_putc,"D.O. %f",doee3);          // แสดงค่า
ออกซิเจนในน้ำ
      msg_ready=0;   // ให้ msg_ready=0
      enable_interrupts(INT_RDA);
// เปิดอินเตอร์รัพท์ RDA
      if(num>13)      // ถ้า num>13
      {
        write_float_to_eeprom(44, doee3);        // เขียน
ค่าออกซิเจนในน้ำใน eeprom
        fin3();
      }
    }
  }
}

void ph6(void)      // ฟังก์ชั่นย่อย ph6
{
  while(TRUE)       // ทำซ้ำเมื่อจริง
  {
    time();           // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย time
    lcd_gotoxy(17,3);
// แสดงlcdหลัก17แถว3
    printf(lcd_putc, "%d",num);
// แสดงค่า num
    output_low(PIN_D2);   // relay tik
    wr_index=0;     // ให้ wr_index=0
    msg_ready=0;   // ให้ msg_ready=0
    enable_interrupts(INT_RDA);
// เปิดอินเตอร์รัพท์ RDA
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    enable_interrupts(GLOBAL);
// เปิดอินเตอร์รัพท์ทั้งหมด
    printf("c\r");  // ส่ง c ผ่านพอร์ทอนุกรม
    printf("l1\r"); // ส่ง l1 ผ่านพอร์ทอนุกรม
    delay_ms(300); // หน่วงเวลา 300 ms
    if(msg_ready)  // ถ้าได้รับข้อมูล
    {
      disable_interrupts(INT_RDA);
// เปิดอินเตอร์รัพท์ RDA
      phee3=atof(buf); // แปลง ascii เป็น float
      lcd_gotoxy(13,4); // แสดงlcdหลัก13แถว4
      printf(lcd_putc,"pH %f",phee3);          // show
value
      msg_ready=0;  // ให้ msg_ready=0
      enable_interrupts(INT_RDA);
// เปิดอินเตอร์รัพท์ RDA
      if(num>6)
      {
        write_float_to_eeprom(48, phee3);      // เขียน
ค่าพีเอชใน eeprom
        do6();          // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย do6
      }
    }
  }
}

void temp_salt6(void)
// ฟังก์ชั่นย่อย temp_salt6
{
  swm1=0;              // ให้ swm1=0
  output_low(PIN_E1);  // ปั๊มน้ำ 2 หยุด
  output_low(PIN_D2);  // relay rewind
  while(TRUE)          // ทำซ้ำเมื่อจริง
  {
    num=0;             // ให้ num = 0
    lcd_gotoxy(1,1);//แสดงlcdหลัก1แถว1
    printf(lcd_putc, "\fLevel 3 = %d",sw6);      // แสดง
ค่าระดับความลึก
    lcd_gotoxy(13,1);
// แสดงlcdหลัก13แถว1
    printf(lcd_putc, "m    3/3");                // แสดง
จำนวนระดับที่เก็บ
    lcd_gotoxy(16,2);
// แสดงlcdหลัก16แถว2
    printf(lcd_putc, "%d",swm1);
// แสดงค่า swm1
    lcd_gotoxy(18,2);
// แสดงlcdหลัก18แถว2
    printf(lcd_putc, "%d",swm2);
// แสดงค่าระดับความลึกปัจจุบัน
    lcd_gotoxy(30,2);
// แสดงlcdหลัก30แถว2
    printf(lcd_putc, "m");

    set_adc_channel(13);                         // ตั้งค่า
adc channel 13
    delay_us(30);       // หน่วงเวลา 30 us
    temp_adc = read_adc();  // อ่าน adc
    temp_volt = (float)(temp_adc * 5.15)/1023.0;
// solution bit
    temp = (float)(temp_volt * 21.393)-30.518;
// solution temp
    lcd_gotoxy(1,2);
// แสดงlcdหลัก1แถว2
    printf(lcd_putc, "Temp %f", temp);           //
แสดงค่าอุณหภูมิ
    lcd_gotoxy(12,2);
// แสดงlcdหลัก12แถว2
    printf(lcd_putc, "%cC",223);                 //
degree C

    set_adc_channel(11);                         // ตั้งค่า
adc channel 11
    delay_us(30);  // หน่วงเวลา 30 us
    salt_adc = read_adc();  // อ่าน adc
    salt_volt = (float)(salt_adc * 5.00)/1023.0;       //
solution bit
    if(0.00>=salt_volt&&salt_volt<=0.49)
    {
      salt = 0.00;
      lcd_gotoxy(1,3);
// แสดงlcdหลัก1แถว3
      printf(lcd_putc, "Salt = %f ",salt);
      lcd_gotoxy(12,3);
// แสดงlcdหลัก12แถว3
      printf(lcd_putc, "ppt");
      delay_ms(1000);
// หน่วงเวลา 1 วินาที
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    }
    if(salt_volt>=0.50&&salt_volt<=1.30)
    {
      salt = (4.0984*salt_volt) + 6E-16;
      lcd_gotoxy(1,3);
// แสดงlcdหลัก1แถว3
      printf(lcd_putc, "Salt = %f ",salt);
      lcd_gotoxy(12,3);
// แสดงlcdหลัก12แถว3
      printf(lcd_putc, "ppt");
      delay_ms(1000);
// หน่วงเวลา 1 วินาที
    }
    if(salt_volt>=1.21&&salt_volt<=1.28)
    {
      salt = (31.25*salt_volt) - 33.125;
      lcd_gotoxy(1,3);
// แสดงlcdหลัก1แถว3
      printf(lcd_putc, "Salt = %f ",salt);
      lcd_gotoxy(12,3);
// แสดงlcdหลัก12แถว3
      printf(lcd_putc, "ppt");
      delay_ms(1000);
// หน่วงเวลา 1 วินาที
    }
    if(salt_volt>=1.29&&salt_volt<=1.41)
    {
      salt = (71.429*salt_volt) - 88.571;
      lcd_gotoxy(1,3);
// แสดงlcdหลัก1แถว3
      printf(lcd_putc, "Salt = %f ",salt);
      lcd_gotoxy(12,3);
// แสดงlcdหลัก12แถว3
      printf(lcd_putc, "ppt");
      delay_ms(1000);
// หน่วงเวลา 1 วินาที
    }
    if(salt_volt>=1.42&&salt_volt<=1.46)
    {
      salt = (125*salt_volt) - 166.25;
      lcd_gotoxy(1,3);
// แสดงlcdหลัก1แถว3
      printf(lcd_putc, "Salt = %f ",salt);
      lcd_gotoxy(12,3);
// แสดงlcdหลัก12แถว3
      printf(lcd_putc, "ppt");
      delay_ms(1000);
// หน่วงเวลา 1 วินาที
    }
    if(salt_volt>=1.47&&salt_volt<=1.50)
    {
      salt = (250*salt_volt) - 352.5;
      lcd_gotoxy(1,3);  // แสดงlcdหลัก1แถว3
      printf(lcd_putc, "Salt = %f ",salt);
      lcd_gotoxy(12,3);
// แสดงlcdหลัก12แถว3
      printf(lcd_putc, "ppt");
      delay_ms(1000);
// หน่วงเวลา 1 วินาที
    }
    if(salt_volt>=1.51)
    {
      salt = (500*salt_volt) - 730;
      lcd_gotoxy(1,3);
// แสดงlcdหลัก1แถว3
      printf(lcd_putc, "Salt = %f ",salt);
      lcd_gotoxy(12,3);
// แสดงlcdหลัก12แถว3
      printf(lcd_putc, "ppt");
      delay_ms(1000);
// หน่วงเวลา 1 วินาที
    }
//-------- Motor down num sec --------//
    if(input(PIN_B3))
// ถ้าเซ็นเซอร์เช็คระดับผิวน้ำสัมผัสน้ำ
    {
      swm1++;   // เพิ่มค่าตัวแปล swm1
      delay_ms(50); // หน่วงเวลา 50 ms
      if(swm1==8)   // 8 วินาที = 1 เมตร
      {
        swm2++;  // เพิ่มค่าตัวแปลswm2
        swm1=0;  // ให้ swm1=0
        delay_ms(50); //หน่วงเวลา50ms
      }
    }
//------ End Motor down num sec ------//
    if(sw6==swm2)   // ถ้า sw6 = swm2
    {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        time();        // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย time
        tee3 = temp;
        write_float_to_eeprom(36, tee3);        //
เขียนค่าอุณหภูมิ 3
        see3 = salt;
        write_float_to_eeprom(40, see3);        //
เขียนค่าความเค็ม 3
        lcd_gotoxy(17,3);
// แสดงlcdหลัก17แถว3
        printf(lcd_putc, "%d",num);
// แสดงค่า num
        lcd_gotoxy(19,3);
// แสดงlcdหลัก19แถว3
        printf(lcd_putc, "P3");
        output_high(PIN_E2);                    // ปั๊มน้ำ 3
ทำงาน
        delay_ms(1000);
// หน่วงเวลา 1 วินาที
        if(num==1) // ถ้า num = 1
        {
          ph6(); // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย ph6
        }
      }
    }
}
//-- ^ loop 3

void do5(void) // ฟังก์ชั่นย่อย do5
{
  while(TRUE)       // ทำซ้ำเมื่อจริง
  {
    time();         // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย time
    lcd_gotoxy(17,3);
// แสดงlcdหลัก17แถว3
    printf(lcd_putc, "%d",num);
// แสดงค่า num
    output_high(PIN_D2);   // relay tik
    wr_index=0;     // ให้ wr_index=0
    msg_ready=0;  // ให้ msg_ready=0
    enable_interrupts(INT_RDA);
// เปิดอินเตอร์รัพท์ RDA
    enable_interrupts(GLOBAL);
// เปิดอินเตอร์รัพท์ทั้งหมด
    printf("c\r");  // ส่ง c ผ่านพอร์ทอนุกรม
    printf("l1\r"); // ส่ง l1 ผ่านพอร์ทอนุกรม
    delay_ms(300); // หน่วงเวลา 300 ms
    if(msg_ready)  // ถ้าได้รับข้อมูล
    {
      disable_interrupts(INT_RDA);
// ปิดอินเตอร์รัพท์ RDA
      doee3=atof(buf);
// แปลง ascii เป็น float
      lcd_gotoxy(1,4);//แสดงlcdหลัก1แถว4
      printf(lcd_putc,"D.O. %f",doee3);        // แสดงค่า
ออกซิเจนในน้ำ
      msg_ready=0;  // ให้ msg_ready=0
      enable_interrupts(INT_RDA);
// เปิดอินเตอร์รัพท์ RDA
      if(num>13)     // ถ้า num>13
      {
        write_float_to_eeprom(28, doee2);       // เขียน
ค่าออกซิเจนในน้ำใน eeprom
        temp_salt6();
// ใช้ฟังก์ชั่นย่อย temp_salt6
      }
    }
  }
}

void ph5(void) // ฟังก์ชั่นย่อย ph5
{
  while(TRUE)       // ทำซ้ำเมื่อจริง
  {
    time();         // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย time
    lcd_gotoxy(17,3);
// แสดงlcdหลัก17แถว3
    printf(lcd_putc, "%d",num);
// แสดงค่า num
    output_low(PIN_D2);   // relay tik
    wr_index=0;     // ให้ wr_index=0
    msg_ready=0;  // ให้ msg_ready=0
    enable_interrupts(INT_RDA);
// เปิดอินเตอร์รัพท์ RDA
    enable_interrupts(GLOBAL);
// เปิดอินเตอร์รัพท์ทั้งหมด
    printf("c\r");  // ส่ง c ผ่านพอร์ทอนุกรม
    printf("l1\r"); // ส่ง l1 ผ่านพอร์ทอนุกรม
    delay_ms(300); // หน่วงเวลา 300 ms
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    if(msg_ready)  // ถ้าได้รับข้อมูล
    {
     disable_interrupts(INT_RDA);
// เปิดอินเตอร์รัพท์ RDA
     phee3=atof(buf); // แปลง ascii เป็น float
     lcd_gotoxy(13,4); // แสดงlcdหลัก13แถว4
     printf(lcd_putc,"pH %f",phee3);          // show
value
     msg_ready=0;  // ให้ msg_ready=0
     enable_interrupts(INT_RDA);
// เปิดอินเตอร์รัพท์ RDA
     if(num>6)
     {
      write_float_to_eeprom(32, phee2);       // เขียน
ค่าพีเอชใน eeprom
      do5(); // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย do5
     }
    }
   }
}

void temp_salt5(void)                         // ฟังก์ชั่น
ย่อย temp_salt5
{
  swm1=0;              // ให้ swm1=0
  output_low(PIN_E0); // ปั๊มน้ำ 1 หยุด
  output_low(PIN_D2); // relay rewind
  while(TRUE)          // ทำซ้ำเมื่อจริง
  {
    num=0;             // ให้ num=0
    lcd_gotoxy(1,1);
// แสดงlcdหลัก1แถว1
    printf(lcd_putc, "\fLevel 2 = %d",sw5);       //
show level
    lcd_gotoxy(13,1); // แสดงlcdหลัก13แถว1
    printf(lcd_putc, "m    2/3");          // แสดงค่า
จำนวนความลึก
    lcd_gotoxy(16,2);
// แสดงlcdหลัก16แถว2
    printf(lcd_putc, "%d",swm1);
// แสดงค่า swm1
    lcd_gotoxy(18,2);
// แสดงlcdหลัก18แถว2
    printf(lcd_putc, "%d",swm2);
// แสดงค่าระดับความลึกปัจจุบัน
    lcd_gotoxy(30,2);
// แสดงlcdหลัก30แถว2
    printf(lcd_putc, "m");

    set_adc_channel(13);                      // ตั้งค่า
adc channel 13
   delay_us(30);       // หน่วงเวลา 30 us
   temp_adc = read_adc();  // อ่าน adc
   temp_volt = (float)(temp_adc * 5.15)/1023.0;
// solution bit
   temp = (float)(temp_volt * 21.393)-30.518;
// solution temp
    lcd_gotoxy(1,2);
// แสดงlcdหลัก1แถว2
    printf(lcd_putc, "Temp %f", temp);          //
แสดงค่าอุณหภูมิ
    lcd_gotoxy(12,2);
// แสดงlcdหลัก12แถว2
    printf(lcd_putc, "%cC",223);                //
degree C

    set_adc_channel(11);                      // ตั้งค่า
adc channel 11
    delay_us(30);  // หน่วงเวลา 30 us
    salt_adc = read_adc();  // อ่าน adc
    salt_volt = (float)(salt_adc * 5.00)/1023.0;       //
solution bit
    if(0.00>=salt_volt&&salt_volt<=0.49)
    {
     salt = 0.00;
     lcd_gotoxy(1,3);
// แสดงlcdหลัก1แถว3
     printf(lcd_putc, "Salt = %f ",salt);
     lcd_gotoxy(12,3);
// แสดงlcdหลัก12แถว3
     printf(lcd_putc, "ppt");
     delay_ms(1000);
// หน่วงเวลา 1 วินาที
    }
    if(salt_volt>=0.50&&salt_volt<=1.30)
    {
     salt = (4.0984*salt_volt) + 6E-16;
     lcd_gotoxy(1,3);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
// แสดงlcdหลัก1แถว3
        printf(lcd_putc, "Salt = %f ",salt);
        lcd_gotoxy(12,3);
// แสดงlcdหลัก12แถว3
        printf(lcd_putc, "ppt");
        delay_ms(1000);
// หน่วงเวลา 1 วินาที
    }
    if(salt_volt>=1.21&&salt_volt<=1.28)
    {
      salt = (31.25*salt_volt) - 33.125;
      lcd_gotoxy(1,3);
// แสดงlcdหลัก1แถว3
        printf(lcd_putc, "Salt = %f ",salt);
        lcd_gotoxy(12,3);
// แสดงlcdหลัก12แถว3
        printf(lcd_putc, "ppt");
        delay_ms(1000);
// หน่วงเวลา 1 วินาที
    }
    if(salt_volt>=1.29&&salt_volt<=1.41)
    {
      salt = (71.429*salt_volt) - 88.571;
      lcd_gotoxy(1,3);
// แสดงlcdหลัก1แถว3
        printf(lcd_putc, "Salt = %f ",salt);
        lcd_gotoxy(12,3);
// แสดงlcdหลัก12แถว3
        printf(lcd_putc, "ppt");
        delay_ms(1000);
// หน่วงเวลา 1 วินาที
    }
    if(salt_volt>=1.42&&salt_volt<=1.46)
    {
      salt = (125*salt_volt) - 166.25;
      lcd_gotoxy(1,3);
// แสดงlcdหลัก1แถว3
        printf(lcd_putc, "Salt = %f ",salt);
        lcd_gotoxy(12,3);
// แสดงlcdหลัก12แถว3
        printf(lcd_putc, "ppt");
        delay_ms(1000);
// หน่วงเวลา 1 วินาที
    }
    if(salt_volt>=1.47&&salt_volt<=1.50)
    {
      salt = (250*salt_volt) - 352.5;
      lcd_gotoxy(1,3); // แสดงlcdหลัก1แถว3
        printf(lcd_putc, "Salt = %f ",salt);
        lcd_gotoxy(12,3);
// แสดงlcdหลัก12แถว3
        printf(lcd_putc, "ppt");
        delay_ms(1000);
// หน่วงเวลา 1 วินาที
    }
    if(salt_volt>=1.51)
    {
      salt = (500*salt_volt) - 730;
      lcd_gotoxy(1,3);
// แสดงlcdหลัก1แถว3
        printf(lcd_putc, "Salt = %f ",salt);
        lcd_gotoxy(12,3);
// แสดงlcdหลัก12แถว3
        printf(lcd_putc, "ppt");
        delay_ms(1000);
// หน่วงเวลา 1 วินาที
    }
//-------- Motor down num sec --------//
    if(input(PIN_B3))
// ถ้าเซ็นเซอร์เช็คระดับผิวน้ำสัมผัสน้ำ
    {
      swm1++;   // เพิ่มค่าตัวแปล swm1
      delay_ms(50); // หน่วงเวลา 50 ms
      if(swm1==8)   // 8 วินาที = 1 เมตร
      {
        swm2++; // เพิ่มค่าตัวแปลswm2
        swm1=0; // ให้ swm1=0
        delay_ms(50); //หน่วงเวลา50ms
      }
    }
//------ End Motor down num sec ------//
    if(sw5==swm2)   // ถ้า sw5 = swm2
    {
      time(); // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย time
      tee2 = temp;
      write_float_to_eeprom(30, tee2);          //
เขียนค่าอุณหภูมิ 2
      see2 = salt;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        write_float_to_eeprom(24, see2);        //
เขียนค่าความเค็ม 2
        lcd_gotoxy(17,3);
// แสดงlcdหลัก17แถว3
        printf(lcd_putc, "%d",num);
// แสดงค่า num
        lcd_gotoxy(19,3);
// แสดงlcdหลัก19แถว3
        printf(lcd_putc, "P2");
        output_high(PIN_E1);
// ปั๊มน้ำ 2 ทำงาน
        delay_ms(1000);
// หน่วงเวลา 1 วินาที
        if(num==1) // ถ้า num = 1
        {
          ph5(); // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย ph5
        }
      }
    }
}

//-- ^ loop 2

void do4(void) // ฟังก์ชั่นย่อย do4
{
  while(TRUE)       // ทำซ้ำเมื่อจริง
  {
    time();         // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย time
    lcd_gotoxy(17,3);
// แสดงlcdหลัก17แถว3
    printf(lcd_putc, "%d",num);
// แสดงค่า num
    output_high(PIN_D2);   // relay tik
    wr_index=0;      // ให้ wr_index=0
    msg_ready=0;   // ให้ msg_ready=0
    enable_interrupts(INT_RDA);
// เปิดอินเตอร์รัพท์ RDA
    enable_interrupts(GLOBAL);
// เปิดอินเตอร์รัพท์ทั้งหมด
    printf("c\r");   // ส่ง c ผ่านพอร์ทอนุกรม
    printf("l1\r"); // ส่ง l1 ผ่านพอร์ทอนุกรม
    delay_ms(300); // หน่วงเวลา 300 ms
    if(msg_ready)   // ถ้าได้รับข้อมูล
    {
        disable_interrupts(INT_RDA);
// ปิดอินเตอร์รัพท์ RDA
        doee3=atof(buf);
// แปลง ascii เป็น float
        lcd_gotoxy(1,4);//แสดงlcdหลัก1แถว4
        printf(lcd_putc,"D.O. %f",doee3);        // แสดงค่า
ออกซิเจนในน้ำ
        msg_ready=0;  // ให้ msg_ready=0
        enable_interrupts(INT_RDA);
// เปิดอินเตอร์รัพท์ RDA
        if(num>13)     // ถ้า num>13
        {
          write_float_to_eeprom(12, doee1);       // เขียน
ค่าออกซิเจนในน้ำใน eeprom
          temp_salt5();
// ใช้ฟังก์ชั่นย่อย temp_salt5
        }
      }
    }
}

void ph4(void) // ฟังก์ชั่นย่อย ph4
{
  while(TRUE)       // ทำซ้ำเมื่อจริง
  {
    time();         // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย time
    lcd_gotoxy(17,3);
// แสดงlcdหลัก17แถว3
    printf(lcd_putc, "%d",num);
// แสดงค่า num
    output_low(PIN_D2);   // relay tik
    wr_index=0;      // ให้ wr_index=0
    msg_ready=0;   // ให้ msg_ready=0
    enable_interrupts(INT_RDA);
// เปิดอินเตอร์รัพท์ RDA
    enable_interrupts(GLOBAL);
// เปิดอินเตอร์รัพท์ทั้งหมด
    printf("c\r");   // ส่ง c ผ่านพอร์ทอนุกรม
    printf("l1\r"); // ส่ง l1 ผ่านพอร์ทอนุกรม
    delay_ms(300); // หน่วงเวลา 300 ms
    if(msg_ready)   // ถ้าได้รับข้อมูล
    {
      disable_interrupts(INT_RDA);
// เปิดอินเตอร์รัพท์ RDA
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      phee3=atof(buf); // แปลง ascii เป็น float
      lcd_gotoxy(13,4); // แสดงlcdหลัก13แถว4
      printf(lcd_putc,"pH %f",phee3);          // show
 value
      msg_ready=0;  // ให้ msg_ready=0
      enable_interrupts(INT_RDA);
// เปิดอินเตอร์รัพท์ RDA
      if(num>6)
      {
       write_float_to_eeprom(16, phee1);       // เขียน
ค่าพีเอชใน eeprom
       do4(); // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย do4
      }
     }
   }
}

void temp_salt4(void)                          // ฟังก์ชั่น
ย่อย temp_salt4
{
  while(TRUE)          // ทำซ้ำเมื่อจริง
  {
    num=0;             // ให้ num=0
    lcd_gotoxy(1,1);
// แสดงlcdหลัก1แถว1
    printf(lcd_putc, "\fLevel 1 = %d",sw4);      //
แสดงค่าระดับความลึก
    lcd_gotoxy(13,1);
// แสดงlcdหลัก13แถว1
    printf(lcd_putc, "m    1/3");                // แสดงค่า
จำนวนความลึก
    lcd_gotoxy(16,2);
// แสดงlcdหลัก16แถว2
    printf(lcd_putc, "%d",swm1);
// แสดงค่า swm1
    lcd_gotoxy(18,2);
// แสดงlcdหลัก18แถว2
    printf(lcd_putc, "%d",swm2);
// แสดงค่าระดับความลึกปัจจุบัน
    lcd_gotoxy(30,2);
// แสดงlcdหลัก30แถว2
    printf(lcd_putc, "m");
    set_adc_channel(13);                       // ตั้งค่า
adc channel 13
    delay_us(30);       // หน่วงเวลา 30 us
    temp_adc = read_adc();  // อ่าน adc
    temp_volt = (float)(temp_adc * 5.15)/1023.0;
// solution bit
    temp = (float)(temp_volt * 21.393)-30.518;
// solution temp
    lcd_gotoxy(1,2);
// แสดงlcdหลัก1แถว2
    printf(lcd_putc, "Temp %f", temp);          //
แสดงค่าอุณหภูมิ
    lcd_gotoxy(12,2);
// แสดงlcdหลัก12แถว2
    printf(lcd_putc, "%cC",223);                //
degree C

    set_adc_channel(11);                       // ตั้งค่า
adc channel 11
    delay_us(30);  // หน่วงเวลา 30 us
    salt_adc = read_adc();  // อ่าน adc
    salt_volt = (float)(salt_adc * 5.00)/1023.0;       //
solution bit
    if(0.00>=salt_volt&&salt_volt<=0.49)
    {
     salt = 0.00;
     lcd_gotoxy(1,3);
// แสดงlcdหลัก1แถว3
     printf(lcd_putc, "Salt = %f ",salt);
     lcd_gotoxy(12,3);
// แสดงlcdหลัก12แถว3
     printf(lcd_putc, "ppt");
     delay_ms(1000);
// หน่วงเวลา 1 วินาที
    }
    if(salt_volt>=0.50&&salt_volt<=1.30)
    {
     salt = (4.0984*salt_volt) + 6E-16;
     lcd_gotoxy(1,3);
// แสดงlcdหลัก1แถว3
     printf(lcd_putc, "Salt = %f ",salt);
     lcd_gotoxy(12,3);
// แสดงlcdหลัก12แถว3
     printf(lcd_putc, "ppt");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        delay_ms(1000);
// หน่วงเวลา 1 วินาที
    }
    if(salt_volt>=1.21&&salt_volt<=1.28)
    {
      salt = (31.25*salt_volt) - 33.125;
      lcd_gotoxy(1,3);
// แสดงlcdหลัก1แถว3
      printf(lcd_putc, "Salt = %f ",salt);
      lcd_gotoxy(12,3);
// แสดงlcdหลัก12แถว3
      printf(lcd_putc, "ppt");
      delay_ms(1000);
// หน่วงเวลา 1 วินาที
    }
    if(salt_volt>=1.29&&salt_volt<=1.41)
    {
      salt = (71.429*salt_volt) - 88.571;
      lcd_gotoxy(1,3);
// แสดงlcdหลัก1แถว3
      printf(lcd_putc, "Salt = %f ",salt);
      lcd_gotoxy(12,3);
// แสดงlcdหลัก12แถว3
      printf(lcd_putc, "ppt");
      delay_ms(1000);
// หน่วงเวลา 1 วินาที
    }
    if(salt_volt>=1.42&&salt_volt<=1.46)
    {
      salt = (125*salt_volt) - 166.25;
      lcd_gotoxy(1,3);
// แสดงlcdหลัก1แถว3
      printf(lcd_putc, "Salt = %f ",salt);
      lcd_gotoxy(12,3);
// แสดงlcdหลัก12แถว3
      printf(lcd_putc, "ppt");
      delay_ms(1000);
// หน่วงเวลา 1 วินาที
    }
    if(salt_volt>=1.47&&salt_volt<=1.50)
    {
      salt = (250*salt_volt) - 352.5;
      lcd_gotoxy(1,3); // แสดงlcdหลัก1แถว3
      printf(lcd_putc, "Salt = %f ",salt);
      lcd_gotoxy(12,3);
// แสดงlcdหลัก12แถว3
      printf(lcd_putc, "ppt");
      delay_ms(1000);
// หน่วงเวลา 1 วินาที
    }
    if(salt_volt>=1.51)
    {
      salt = (500*salt_volt) - 730;
      lcd_gotoxy(1,3);
// แสดงlcdหลัก1แถว3
      printf(lcd_putc, "Salt = %f ",salt);
      lcd_gotoxy(12,3);
// แสดงlcdหลัก12แถว3
      printf(lcd_putc, "ppt");
      delay_ms(1000);
// หน่วงเวลา 1 วินาที
    }
//-------- Motor down num sec --------//
    if(input(PIN_B3))
// ถ้าเซ็นเซอร์เช็คระดับผิวน้ำสัมผัสน้ำ
    {
      swm1++;    // เพิ่มค่าตัวแปล swm1
      delay_ms(50); // หน่วงเวลา 50 ms
      if(swm1==8)   // 8 วินาที = 1 เมตร
      {
        swm2++; // เพิ่มค่าตัวแปลswm2
        swm1=0; // ให้ swm1=0
        delay_ms(50); //หน่วงเวลา50ms
      }
    }
//------ End Motor down num sec ------//
    if(sw4==swm2)   // ถ้า sw4 = swm2
    {
      time(); // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย time
      tee1 = temp;
      write_float_to_eeprom(4, tee1);          //
เขียนค่าอุณหภูมิ 1
      see1 = salt;
      write_float_to_eeprom(8, see1);          //
เขียนค่าความเค็ม 1
      lcd_gotoxy(17,3);
// แสดงlcdหลัก17แถว3
      printf(lcd_putc, "%d",num);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
// แสดงค่า num
        lcd_gotoxy(19,3);
// แสดงlcdหลัก19แถว3
        printf(lcd_putc, "P1");
        output_high(PIN_E0);                    // ปั๊มน้ำ 1
ทำงาน
        delay_ms(1000);
// หน่วงเวลา 1 วินาที
        if(num==1) // ถ้า num = 1
        {
          ph4(); // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย ph4
        }
      }
    }
}

void level6(void) // ฟังก์ชั่นย่อย level6
{
  lcd_gotoxy(1,1); // แสดงlcdหลัก1แถว1
  printf(lcd_putc, "\fPlease select level3");
  result = read_float_from_eeprom(56);          //
read eeprom
  printf(lcd_putc, "\nfrom %.0f-30 meter",result);
  printf(lcd_putc, "\n--------------------");
  sw6=result+1;
  while(TRUE) // ทำซ้ำเมื่อจริง
  {
    swi6();   // ใช้ฟังก์ชั่นย่อยswi6
    if(sw6==result)
    {
      sw6=30;
    }
    if(sw6==9)
    {
      lcd_gotoxy(12,4);
// แสดงlcdหลัก12แถว4
      printf(lcd_putc, "  ");
    }
    if(sw6==21)
    {
      sw6=result+1;
      lcd_gotoxy(12,4);
// แสดงlcdหลัก12แถว4
      printf(lcd_putc, "  ");
    }
    lcd_gotoxy(1,4); // แสดงlcdหลัก1แถว4
    printf(lcd_putc, "level 3 = %d",sw6);
    lcd_gotoxy(14,4);
// แสดงlcdหลัก14แถว4
    printf(lcd_putc, "meter");
    delay_ms(300); // หน่วงเวลา 300 ms
    if(!input(PIN_B2)) // ถ้ากดสวิตช์ตกลง
    {
      mee3 = sw6;                               // *eeprom
loop 1
      write_float_to_eeprom(60, mee3);          //
*write eeprom
      temp_salt4(); // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย temp_salt4
    }
  }
}

void level5(void) // ฟังก์ชั่นย่อย level5
{
  lcd_gotoxy(1,1); // แสดงlcdหลัก1แถว1
  printf(lcd_putc, "\fPlease select level2");
  result = read_float_from_eeprom(52);          //
read eeprom
  printf(lcd_putc, "\nfrom %.0f-19 meter",result);
  printf(lcd_putc, "\n--------------------");
  sw5=result+1;
  while(TRUE) // ทำซ้ำเมื่อจริง
  {
    swi5();   // ใช้ฟังก์ชั่นย่อยswi5
    if(sw5==result)
    {
      sw5=19;
    }
    if(sw5==9)
    {
      lcd_gotoxy(12,4);
// แสดงlcdหลัก12แถว4
      printf(lcd_putc, "  ");
    }
    if(sw5==30)
    {
      sw5=result+1;
      lcd_gotoxy(12,4);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
// แสดงlcdหลัก12แถว4
        printf(lcd_putc, "  ");
      }
      lcd_gotoxy(1,4); // แสดงlcdหลัก1แถว4
      printf(lcd_putc, "level 2 = %d",sw5);
      lcd_gotoxy(14,4);
// แสดงlcdหลัก14แถว4
      printf(lcd_putc, "meter");
      delay_ms(300); // หน่วงเวลา 300 ms
      if(!input(PIN_B2)) // ถ้ากดสวิตช์ตกลง
      {
        mee2 = sw5;                    // *eeprom
loop 1
        write_float_to_eeprom(56, mee2);        //
*write eeprom
        level6(); // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย level6
      }
    }
}

void level4(void) // ฟังก์ชั่นย่อย level4
{
  lcd_gotoxy(1,1); // แสดงlcdหลัก1แถว1
  printf(lcd_putc, "\fPlease select level1");
  printf(lcd_putc, "\nfrom 0-18 meter");
  printf(lcd_putc, "\n--------------------");
  while(TRUE) // ทำซ้ำเมื่อจริง
  {
    swi4();     // ใช้ฟังก์ชั่นย่อยswi4
    if(sw4==-1)
    {
      sw4=18;
    }
    if(sw4==9)
    {
      lcd_gotoxy(12,4);
// แสดงlcdหลัก12แถว4
      printf(lcd_putc, "  ");
    }
    if(sw4==19)
    {
      sw4=0;
      lcd_gotoxy(12,4);
// แสดงlcdหลัก12แถว4
      printf(lcd_putc, "  ");
    }
    lcd_gotoxy(1,4); // แสดงlcdหลัก1แถว4
    printf(lcd_putc, "level 1 = %d",sw4);
    lcd_gotoxy(14,4);
// แสดงlcdหลัก14แถว4
    printf(lcd_putc, "meter");
    delay_ms(300); // หน่วงเวลา 300 ms
    if(!input(PIN_B2)) // ถ้ากดสวิตช์ตกลง
    {
      mee1 = sw4;                    // *eeprom
loop 1
      write_float_to_eeprom(52, mee1);        //
*write eeprom
      level5(); // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย level5
    }
  }
}
//---------- Mode3 end ----------//

//---------- Mode 2 ----------//
void read2(void)
{
 while(TRUE) // ทำซ้ำเมื่อจริง
 {
  swi3(); // ใช้ฟังก์ชั่นย่อยswi3
  sw1=5;
  if(sw3==0)
  {
    sw3=2;
  }
  if(sw3==1)
  {
  sw1=5;          // ให้ sw1 = 5
  result=read_float_from_eeprom(52);        //
อ่านค่าระดับความลึก 1
  lcd_gotoxy(1,1);//แสดงlcdหลัก1แถว1
  printf(lcd_putc, "\fLevel 1 = %.0f", result);
// แสดงค่าระดับความลึก 1
  result=read_float_from_eeprom(0);         //
อ่าค่า sw2
  lcd_gotoxy(13,1);
// แสดงlcdหลัก13แถว1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        printf(lcd_putc, "m    1/%.0f", result);          //
แสดงค่า sw2
        result=read_float_from_eeprom(4);          //
อ่านค่าอุณหภูมิ 1
        lcd_gotoxy(1,2);
// แสดงlcdหลัก1แถว2
        printf(lcd_putc, "Temp %.2f", result);          //
แสดงค่าอุณหภูมิ 1
        lcd_gotoxy(12,2);
// แสดงlcdหลัก12แถว2
        printf(lcd_putc, "%cC",223);
// degree C
        result=read_float_from_eeprom(8);          //
อ่านค่าความเค็ม 1
        lcd_gotoxy(1,3);
// แสดงlcdหลัก1แถว3
        printf(lcd_putc, "Salt %.2f", result);          //
แสดงค่าความเค็ม 1
        lcd_gotoxy(12,3);
// แสดงlcdหลัก12แถว3
        printf(lcd_putc, "ppt");
        result=read_float_from_eeprom(12);          //
อ่านค่าออกซิเจนในน้ำ 1
        lcd_gotoxy(1,4);
// แสดงlcdหลัก1แถว4
        printf(lcd_putc, "D.O. %.2f", result);          // แสดง
ค่าออกซิเจนในน้ำ 1
        result=read_float_from_eeprom(16);          //
อ่านค่าพีเอช 1
        lcd_gotoxy(13,4);
// แสดงlcdหลัก13แถว4
        printf(lcd_putc, "pH %.2f", result);          //
แสดงค่าพีเอช 1
        delay_ms(500); // หน่วงเวลา 500 ms
        }
        if(sw3==2)
        {
        result=read_float_from_eeprom(56);          //
อ่านค่าระดับความลึก 2
        lcd_gotoxy(1,1);
// แสดงlcdหลัก1แถว1
        printf(lcd_putc, "\fLevel 2 = %.0f", result);
// แสดงค่าระดับความลึก 2
        result=read_float_from_eeprom(0);          //
อ่านค่า sw2
        lcd_gotoxy(13,1);
 // แสดงlcdหลัก13แถว1
        printf(lcd_putc, "m    2/%.0f", result);          //
แสดงค่า sw2
        result=read_float_from_eeprom(30);          //
อ่านค่าอุณหภูมิ 2
        lcd_gotoxy(1,2);
// แสดงlcdหลัก1แถว2
        printf(lcd_putc, "Temp %.2f", result);          //
แสดงค่าอุณหภูมิ 2
        lcd_gotoxy(12,2);
// แสดงlcdหลัก12แถว2
        printf(lcd_putc, "%cC",223);          //
degree C
        result=read_float_from_eeprom(24);          //
อ่านค่าความเค็ม 2
        lcd_gotoxy(1,3);
// แสดงlcdหลัก1แถว3
        printf(lcd_putc, "Salt %.2f", result);          //
แสดงค่าความเค็ม 2
        lcd_gotoxy(12,3);
// แสดงlcdหลัก12แถว3
        printf(lcd_putc, "ppt");
        result=read_float_from_eeprom(28);          //
อ่านค่าออกซิเจนในน้ำ 2
        lcd_gotoxy(1,4);
// แสดงlcdหลัก1แถว4
        printf(lcd_putc, "D.O. %.2f", result);          //
แสดงค่าออกซิเจนในน้ำ 2
        result=read_float_from_eeprom(32);          //
อ่านค่าพีเอช 2
        lcd_gotoxy(13,4);
// แสดงlcdหลัก13แถว4
        printf(lcd_putc, "pH %.2f", result);          //
แสดงค่าพีเอช 2
        delay_ms(500); // หน่วงเวลา 500 ms
        }
        if(sw3==3)
        {
          sw3=1;
        }
      }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
}

void fin2(void)
{
   output_low(PIN_E1);                    //
 motor 2 stop
   output_low(PIN_D2);                    //
 relay rewind
   delay_ms(300); // หน่วงเวลา 300 ms
   lcd_gotoxy(1,1); // แสดงlcdหลัก1แถว1
   printf(lcd_putc, "\f   Finish Program   ");
   printf(lcd_putc, "\n       Mode 2       ");
   printf(lcd_putc, "\n   Please enter to  ");
   printf(lcd_putc, "\n     see result     ");
   while(TRUE) // ทำซ้ำเมื่อจริง
   {
     if(!input(PIN_B2)) // ถ้ากดสวิตช์ตกลง
     {
       read2();
     }
   }
}

void do3(void) // ฟังก์ชั่นย่อย do3
{
  while(TRUE)       // ทำซ้ำเมื่อจริง
  {
    time();          // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย time
    lcd_gotoxy(17,3);
// แสดงlcdหลัก17แถว3
    printf(lcd_putc, "%d",num);
// แสดงค่า num
    output_high(PIN_D2);   // relay tik
    wr_index=0;      // ให้ wr_index=0
    msg_ready=0;   // ให้ msg_ready=0
    enable_interrupts(INT_RDA);
// เปิดอินเตอร์รัพท์ RDA
    enable_interrupts(GLOBAL);
// เปิดอินเตอร์รัพท์ทั้งหมด
    printf("c\r");   // ส่ง c ผ่านพอร์ทอนุกรม
    printf("l1\r"); // ส่ง l1 ผ่านพอร์ทอนุกรม
    delay_ms(300); // หน่วงเวลา 300 ms
    if(msg_ready)   // ถ้าได้รับข้อมูล
    {
      disable_interrupts(INT_RDA);
// ปิดอินเตอร์รัพท์ RDA
      doee3=atof(buf);
// แปลง ascii เป็น float
      lcd_gotoxy(1,4);//แสดงlcdหลัก1แถว4
      printf(lcd_putc,"D.O. %f",doee3);          // แสดงค่า
ออกซิเจนในน้ำ
      msg_ready=0;  // ให้ msg_ready=0
      enable_interrupts(INT_RDA);
// เปิดอินเตอร์รัพท์ RDA
      if(num>13)     // ถ้า num>13
      {
      write_float_to_eeprom(28, doee2);        // เขียน
ค่าออกซิเจนในน้ำใน eeprom
      fin2();
      }
    }
  }
}

void ph3(void) // ฟังก์ชั่นย่อย ph3
{
  while(TRUE)       // ทำซ้ำเมื่อจริง
  {
  time();          // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย time
  lcd_gotoxy(17,3);
// แสดงlcdหลัก17แถว3
  printf(lcd_putc, "%d",num);
// แสดงค่า num
  output_low(PIN_D2);   // relay tik
  wr_index=0;     // ให้ wr_index=0
  msg_ready=0;  // ให้ msg_ready=0
  enable_interrupts(INT_RDA);
// เปิดอินเตอร์รัพท์ RDA
  enable_interrupts(GLOBAL);
// เปิดอินเตอร์รัพท์ทั้งหมด
  printf("c\r");  // ส่ง c ผ่านพอร์ทอนุกรม
  printf("l1\r"); // ส่ง l1 ผ่านพอร์ทอนุกรม
  delay_ms(300); // หน่วงเวลา 300 ms
  if(msg_ready)  // ถ้าได้รับข้อมูล
  {
    disable_interrupts(INT_RDA);
// เปิดอินเตอร์รัพท์ RDA
    phee3=atof(buf);  // แปลง ascii เป็น float
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      lcd_gotoxy(13,4); // แสดงlcdหลัก13แถว4
      printf(lcd_putc,"pH %f",phee3);          // show
 value
      msg_ready=0;  // ให้ msg_ready=0
      enable_interrupts(INT_RDA);
// เปิดอินเตอร์รัพท์ RDA
      if(num>6)
      {
       write_float_to_eeprom(32, phee2);       // เขียน
ค่าพีเอชใน eeprom
       do3(); // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย do3
      }
    }
  }
}

void temp_salt3(void)                          // ฟังก์ชั่น
ย่อย temp_salt3
{
  swm1=0;                  // ให้ swm1=0
  output_low(PIN_E0);  // ปั๊มน้ำ 1 หยุด
  output_low(PIN_D2);  // relay rewind
  while(TRUE)              // ทำซ้ำเมื่อจริง
  {
    num=0;                 // ให้ num=0
    lcd_gotoxy(1,1);
// แสดงlcdหลัก1แถว1
    printf(lcd_putc, "\fLevel 2 = %d",sw5);    //
แสดงค่าระดับความลึก
    lcd_gotoxy(13,1);
// แสดงlcdหลัก13แถว1
    printf(lcd_putc, "m    2/2");              // แสดงค่า
จำนวนความลึก
    lcd_gotoxy(16,2);
// แสดงlcdหลัก16แถว2
    printf(lcd_putc, "%d",swm1);
// แสดงค่า swm1
    lcd_gotoxy(18,2);
// แสดงlcdหลัก18แถว2
    printf(lcd_putc, "%d",swm2);
// แสดงค่าระดับความลึกปัจจุบัน
    lcd_gotoxy(30,2);
// แสดงlcdหลัก30แถว2
    printf(lcd_putc, "m");
      set_adc_channel(13);                     // ตั้งค่า
adc channel 13
    delay_us(30);       // หน่วงเวลา 30 us
    temp_adc = read_adc();  // อ่าน adc
    temp_volt = (float)(temp_adc * 5.15)/1023.0;
// solution bit
    temp = (float)(temp_volt * 21.393)-30.518;
// solution temp
      lcd_gotoxy(1,2);
// แสดงlcdหลัก1แถว2
      printf(lcd_putc, "Temp %f", temp);          //
แสดงค่าอุณหภูมิ
      lcd_gotoxy(12,2);
// แสดงlcdหลัก12แถว2
      printf(lcd_putc, "%cC",223);                //
degree C

      set_adc_channel(11);                     // ตั้งค่า
adc channel 11
      delay_us(30);  // หน่วงเวลา 30 us
      salt_adc = read_adc();  // อ่าน adc
      salt_volt = (float)(salt_adc * 5.00)/1023.0;       //
solution bit
      if(0.00>=salt_volt&&salt_volt<=0.49)
      {
       salt = 0.00;
       lcd_gotoxy(1,3);
// แสดงlcdหลัก1แถว3
       printf(lcd_putc, "Salt = %f ",salt);
       lcd_gotoxy(12,3);
// แสดงlcdหลัก12แถว3
       printf(lcd_putc, "ppt");
       delay_ms(1000);
// หน่วงเวลา 1 วินาที
      }
      if(salt_volt>=0.50&&salt_volt<=1.30)
      {
        salt = (4.0984*salt_volt) + 6E-16;
        lcd_gotoxy(1,3);
// แสดงlcdหลัก1แถว3
        printf(lcd_putc, "Salt = %f ",salt);
        lcd_gotoxy(12,3);
// แสดงlcdหลัก12แถว3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        printf(lcd_putc, "ppt");
        delay_ms(1000);
// หน่วงเวลา 1 วินาที
    }
    if(salt_volt>=1.21&&salt_volt<=1.28)
    {
      salt = (31.25*salt_volt) - 33.125;
      lcd_gotoxy(1,3);
// แสดงlcdหลัก1แถว3
      printf(lcd_putc, "Salt = %f ",salt);
      lcd_gotoxy(12,3);
// แสดงlcdหลัก12แถว3
      printf(lcd_putc, "ppt");
      delay_ms(1000);
// หน่วงเวลา 1 วินาที
    }
    if(salt_volt>=1.29&&salt_volt<=1.41)
    {
      salt = (71.429*salt_volt) - 88.571;
      lcd_gotoxy(1,3);
// แสดงlcdหลัก1แถว3
      printf(lcd_putc, "Salt = %f ",salt);
      lcd_gotoxy(12,3);
// แสดงlcdหลัก12แถว3
      printf(lcd_putc, "ppt");
      delay_ms(1000);
// หน่วงเวลา 1 วินาที
    }
    if(salt_volt>=1.42&&salt_volt<=1.46)
    {
      salt = (125*salt_volt) - 166.25;
      lcd_gotoxy(1,3);
// แสดงlcdหลัก1แถว3
      printf(lcd_putc, "Salt = %f ",salt);
      lcd_gotoxy(12,3);
// แสดงlcdหลัก12แถว3
      printf(lcd_putc, "ppt");
      delay_ms(1000);
// หน่วงเวลา 1 วินาที
    }
    if(salt_volt>=1.47&&salt_volt<=1.50)
    {
      salt = (250*salt_volt) - 352.5;
      lcd_gotoxy(1,3); // แสดงlcdหลัก1แถว3
      printf(lcd_putc, "Salt = %f ",salt);
      lcd_gotoxy(12,3);
// แสดงlcdหลัก12แถว3
      printf(lcd_putc, "ppt");
      delay_ms(1000);
// หน่วงเวลา 1 วินาที
    }
    if(salt_volt>=1.51)
    {
      salt = (500*salt_volt) - 730;
      lcd_gotoxy(1,3);
// แสดงlcdหลัก1แถว3
      printf(lcd_putc, "Salt = %f ",salt);
      lcd_gotoxy(12,3);
// แสดงlcdหลัก12แถว3
      printf(lcd_putc, "ppt");
      delay_ms(1000);
// หน่วงเวลา 1 วินาที
    }
//-------- Motor down num sec --------//
    if(input(PIN_B3))
// ถ้าเซ็นเซอร์เช็คระดับผิวน้ำสัมผัสน้ำ
    {
      swm1++;   // เพิ่มค่าตัวแปล swm1
      delay_ms(50); // หน่วงเวลา 50 ms
      if(swm1==8)  // 8 วินาที = 1 เมตร
      {
        swm2++; // เพิ่มค่าตัวแปลswm2
        swm1=0; // ให้ swm1=0
        delay_ms(50); //หน่วงเวลา50ms
      }
    }
//------ End Motor down num sec ------//
    if(sw5==swm2)   // ถ้า sw5 = swm2
    {
      time(); // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย time
      tee2 = temp;
      write_float_to_eeprom(30, tee2);          //
เขียนค่าอุณหภูมิ 2
      see2 = salt;
      write_float_to_eeprom(24, see2);          //
เขียนค่าความเค็ม 2
      lcd_gotoxy(17,3);
// แสดงlcdหลัก17แถว3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        printf(lcd_putc, "%d",num);
// แสดงค่า num
        lcd_gotoxy(19,3);
// แสดงlcdหลัก19แถว3
        printf(lcd_putc, "P2");
        output_high(PIN_E1);                    // ปั๊มน้ำ 2
ทำงาน
        delay_ms(1000);
// หน่วงเวลา 1 วินาที
        if(num==1) // ถ้า num = 1
        {
          ph3(); // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย ph3
        }
      }
    }
}

//-- ^ loop 2

void do2(void) // ฟังก์ชั่นย่อย do2
{
  while(TRUE)       // ทำซ้ำเมื่อจริง
  {
    time();         // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย time
    lcd_gotoxy(17,3);
// แสดงlcdหลัก17แถว3
    printf(lcd_putc, "%d",num);
// แสดงค่า num
    output_high(PIN_D2);   // relay tik
    wr_index=0;      // ให้ wr_index=0
    msg_ready=0;  // ให้ msg_ready=0
    enable_interrupts(INT_RDA);
// เปิดอินเตอร์รัพท์ RDA
    enable_interrupts(GLOBAL);
// เปิดอินเตอร์รัพท์ทั้งหมด
    printf("c\r");  // ส่ง c ผ่านพอร์ทอนุกรม
    printf("l1\r"); // ส่ง l1 ผ่านพอร์ทอนุกรม
    delay_ms(300); // หน่วงเวลา 300 ms
    if(msg_ready)  // ถ้าได้รับข้อมูล
    {
      disable_interrupts(INT_RDA);
// ปิดอินเตอร์รัพท์ RDA
      doee3=atof(buf);
// แปลง ascii เป็น float
      lcd_gotoxy(1,4);//แสดงlcdหลัก1แถว4
      printf(lcd_putc,"D.O. %f",doee3);          // แสดงค่า
ออกซิเจนในน้ำ
      msg_ready=0;  // ให้ msg_ready=0
      enable_interrupts(INT_RDA);
// เปิดอินเตอร์รัพท์ RDA
      if(num>13)     // ถ้า num>13
      {
        write_float_to_eeprom(12, doee1);        // เขียน
ค่าออกซิเจนในน้ำใน eeprom
        temp_salt3();
// ใช้ฟังก์ชั่นย่อย temp_salt3
      }
    }
  }
}

void ph2(void) // ฟังก์ชั่นย่อย ph2
{
  while(TRUE)       // ทำซ้ำเมื่อจริง
  {
    time();         // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย time
    lcd_gotoxy(17,3);
// แสดงlcdหลัก17แถว3
    printf(lcd_putc, "%d",num);
// แสดงค่า num
    output_low(PIN_D2);   // relay tik
    wr_index=0;      // ให้ wr_index=0
    msg_ready=0;  // ให้ msg_ready=0
    enable_interrupts(INT_RDA);
// เปิดอินเตอร์รัพท์ RDA
    enable_interrupts(GLOBAL);
// เปิดอินเตอร์รัพท์ทั้งหมด
    printf("c\r");  // ส่ง c ผ่านพอร์ทอนุกรม
    printf("l1\r"); // ส่ง l1 ผ่านพอร์ทอนุกรม
    delay_ms(300); // หน่วงเวลา 300 ms
    if(msg_ready)  // ถ้าได้รับข้อมูล
    {
      disable_interrupts(INT_RDA);
// เปิดอินเตอร์รัพท์ RDA
      phee3=atof(buf); // แปลง ascii เป็น float
      lcd_gotoxy(13,4); // แสดงlcdหลัก13แถว4
      printf(lcd_putc,"pH %f",phee3);          // show
value
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      msg_ready=0;  // ให้ msg_ready=0
      enable_interrupts(INT_RDA);
// เปิดอินเตอร์รัพท์ RDA
      if(num>6)
      {
       write_float_to_eeprom(16, phee1);      // เขียน
ค่าพีเอชใน eeprom
        do2(); // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย do2
       }
     }
   }
}

void temp_salt2(void)                          // ฟังก์ชั่น
ย่อย temp_salt2
{
  while(TRUE) // ทำซ้ำเมื่อจริง
  {
    num=0;     // ให้ num=0
    lcd_gotoxy(1,1); // แสดงlcdหลัก1แถว1
    printf(lcd_putc, "\fLevel 1 = %d",sw4);      //
show level
    lcd_gotoxy(13,1); // แสดงlcdหลัก13แถว1
    printf(lcd_putc, "m    1/2");              // show
level
    lcd_gotoxy(16,2);
// แสดงlcdหลัก16แถว2
    printf(lcd_putc, "%d",swm1);
// แสดงค่า swm1
    lcd_gotoxy(18,2);
// แสดงlcdหลัก18แถว2
    printf(lcd_putc, "%d",swm2);
// แสดงค่าระดับความลึกปัจจุบัน
    lcd_gotoxy(30,2);
// แสดงlcdหลัก30แถว2
    printf(lcd_putc, "m");

set_adc_channel(13);                           // ตั้งค่า adc
channel 13
  delay_us(30);       // หน่วงเวลา 30 us
  temp_adc = read_adc();  // อ่าน adc
  temp_volt = (float)(temp_adc * 5.15)/1023.0;
// solution bit
  temp = (float)(temp_volt * 21.393)-30.518;
// solution temp
    lcd_gotoxy(1,2);
// แสดงlcdหลัก1แถว2
    printf(lcd_putc, "Temp %f", temp);          //
แสดงค่าอุณหภูมิ
    lcd_gotoxy(12,2);
// แสดงlcdหลัก12แถว2
    printf(lcd_putc, "%cC",223);                //
degree C

    set_adc_channel(11);                       // ตั้งค่า
adc channel 11
    delay_us(30);  // หน่วงเวลา 30 us
    salt_adc = read_adc();  // อ่าน adc
    salt_volt = (float)(salt_adc * 5.00)/1023.0;       //
solution bit
    if(0.00>=salt_volt&&salt_volt<=0.49)
    {
     salt = 0.00;
     lcd_gotoxy(1,3);
// แสดงlcdหลัก1แถว3
     printf(lcd_putc, "Salt = %f ",salt);
     lcd_gotoxy(12,3);
// แสดงlcdหลัก12แถว3
     printf(lcd_putc, "ppt");
     delay_ms(1000);
// หน่วงเวลา 1 วินาที
    }
    if(salt_volt>=0.50&&salt_volt<=1.30)
    {
     salt = (4.0984*salt_volt) + 6E-16;
     lcd_gotoxy(1,3);
// แสดงlcdหลัก1แถว3
     printf(lcd_putc, "Salt = %f ",salt);
     lcd_gotoxy(12,3);
// แสดงlcdหลัก12แถว3
     printf(lcd_putc, "ppt");
     delay_ms(1000);
// หน่วงเวลา 1 วินาที
    }
    if(salt_volt>=1.21&&salt_volt<=1.28)
    {
     salt = (31.25*salt_volt) - 33.125;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        lcd_gotoxy(1,3);
// แสดงlcdหลัก1แถว3
        printf(lcd_putc, "Salt = %f ",salt);
        lcd_gotoxy(12,3);
// แสดงlcdหลัก12แถว3
        printf(lcd_putc, "ppt");
        delay_ms(1000);
// หน่วงเวลา 1 วินาที
    }
    if(salt_volt>=1.29&&salt_volt<=1.41)
    {
      salt = (71.429*salt_volt) - 88.571;
      lcd_gotoxy(1,3);
// แสดงlcdหลัก1แถว3
        printf(lcd_putc, "Salt = %f ",salt);
        lcd_gotoxy(12,3);
// แสดงlcdหลัก12แถว3
        printf(lcd_putc, "ppt");
        delay_ms(1000);
// หน่วงเวลา 1 วินาที
    }
    if(salt_volt>=1.42&&salt_volt<=1.46)
    {
      salt = (125*salt_volt) - 166.25;
      lcd_gotoxy(1,3);
// แสดงlcdหลัก1แถว3
        printf(lcd_putc, "Salt = %f ",salt);
        lcd_gotoxy(12,3);
// แสดงlcdหลัก12แถว3
        printf(lcd_putc, "ppt");
        delay_ms(1000);
// หน่วงเวลา 1 วินาที
    }
    if(salt_volt>=1.47&&salt_volt<=1.50)
    {
      salt = (250*salt_volt) - 352.5;
      lcd_gotoxy(1,3); // แสดงlcdหลัก1แถว3
      printf(lcd_putc, "Salt = %f ",salt);
      lcd_gotoxy(12,3);
// แสดงlcdหลัก12แถว3
      printf(lcd_putc, "ppt");
      delay_ms(1000);
// หน่วงเวลา 1 วินาที
    }
    if(salt_volt>=1.51)
    {
      salt = (500*salt_volt) - 730;
      lcd_gotoxy(1,3);
// แสดงlcdหลัก1แถว3
      printf(lcd_putc, "Salt = %f ",salt);
      lcd_gotoxy(12,3);
// แสดงlcdหลัก12แถว3
      printf(lcd_putc, "ppt");
      delay_ms(1000);
// หน่วงเวลา 1 วินาที
    }
//-------- Motor down num sec --------//
    if(input(PIN_B3))
// ถ้าเซ็นเซอร์เช็คระดับผิวน้ำสัมผัสน้ำ
    {
      swm1++;   // เพิ่มค่าตัวแปล swm1
      delay_ms(50); // หน่วงเวลา 50 ms
      if(swm1==8)  // 8 วินาที = 1 เมตร
      {
        swm2++; // เพิ่มค่าตัวแปลswm2
        swm1=0; // ให้ swm1=0
        delay_ms(50); //หน่วงเวลา50ms
      }
    }
//------ End Motor down num sec ------//
    if(sw4==swm2)   // ถ้า sw4 = swm2
    {
      time(); // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย time
      tee1 = temp;
      write_float_to_eeprom(4, tee1);          //
เขียนค่าอุณหภูมิ 1
      see1 = salt;
      write_float_to_eeprom(8, see1);          //
เขียนค่าความเค็ม 1
      lcd_gotoxy(17,3);
// แสดงlcdหลัก17แถว3
      printf(lcd_putc, "%d",num);
// แสดงค่า num
      lcd_gotoxy(19,3);
// แสดงlcdหลัก19แถว3
      printf(lcd_putc, "P1");
      output_high(PIN_E0);                    // ปั๊มน้ำ 1
ทำงาน
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        delay_ms(1000);
// หน่วงเวลา 1 วินาที
        if(num==1) // ถ้า num = 1
        {
          ph2(); // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย ph2
        }
      }
    }
}

void level3(void) // ฟังก์ชั่นย่อย level3
{
  lcd_gotoxy(1,1); // แสดงlcdหลัก1แถว1
  printf(lcd_putc, "\fPlease select level2");
  result = read_float_from_eeprom(52);          //
read level1
  printf(lcd_putc, "\nfrom %.0f-30 meter",result);
  printf(lcd_putc, "\n--------------------");
  sw5=result+1;
  while(TRUE) // ทำซ้ำเมื่อจริง
  {
    swi5();   // ใช้ฟังก์ชั่นย่อยswi5
    if(sw5==result)
    {
      sw5=30;
    }
    if(sw5==9)
    {
      lcd_gotoxy(12,4);
// แสดงlcdหลัก12แถว4
      printf(lcd_putc, "  ");
    }
    if(sw5==21)
    {
      sw5=result+1;
      lcd_gotoxy(12,4);
// แสดงlcdหลัก12แถว4
      printf(lcd_putc, "  ");
    }
    lcd_gotoxy(1,4); // แสดงlcdหลัก1แถว4
    printf(lcd_putc, "level 2 = %d",sw5);
    lcd_gotoxy(14,4);
// แสดงlcdหลัก14แถว4
    printf(lcd_putc, "meter");
    delay_ms(300); // หน่วงเวลา 300 ms
    if(!input(PIN_B2)) // ถ้ากดสวิตช์ตกลง
    {
      mee2 = sw5;
      write_float_to_eeprom(56, mee2);          //
write level2
      temp_salt2(); // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย temp_salt2
    }
  }
}

void level2(void) // ฟังก์ชั่นย่อย level2
{
  lcd_gotoxy(1,1); // แสดงlcdหลัก1แถว1
  printf(lcd_putc, "\fPlease select level1");
  printf(lcd_putc, "\nfrom 0-19 meter");
  printf(lcd_putc, "\n--------------------");
  while(TRUE) // ทำซ้ำเมื่อจริง
  {
    swi4();     // ใช้ฟังก์ชั่นย่อยswi4
    if(sw4==-1)
    {
      sw4=19;
    }
    if(sw4==9)
    {
      lcd_gotoxy(12,4);
// แสดงlcdหลัก12แถว4
      printf(lcd_putc, "  ");
    }
    if(sw4==30)
    {
      sw4=0;
      lcd_gotoxy(12,4);
// แสดงlcdหลัก12แถว4
      printf(lcd_putc, "  ");
    }
    lcd_gotoxy(1,4); // แสดงlcdหลัก1แถว4
    printf(lcd_putc, "level 1 = %d",sw4);
    lcd_gotoxy(14,4);
// แสดงlcdหลัก14แถว4
    printf(lcd_putc, "meter");
    delay_ms(300); // หน่วงเวลา 300 ms
    if(!input(PIN_B2)) // ถ้ากดสวิตช์ตกลง
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    {
      mee1 = sw4;
      write_float_to_eeprom(52, mee1);          //
write level1
      level3();                                 // jump
    }
  }
}
//------------ Mode2 end -------------//


//-------------- Mode 1 --------------//
void read1(void)
{
  sw1=5;              // ให้ sw1 = 5
  result=read_float_from_eeprom(52);          // อ่าน
ค่าระดับความลึก 1
  lcd_gotoxy(1,1);   // แสดงlcdหลัก1แถว1
  printf(lcd_putc, "\fLevel 1 = %.0f", result);          //
แสดงค่าระดับความลึก 1
  result=read_float_from_eeprom(0);           // อ่า
ค่า sw2
  lcd_gotoxy(13,1); // แสดงlcdหลัก13แถว1
  printf(lcd_putc, "m    1/%.0f", result);          //
แสดงค่า sw2
  result=read_float_from_eeprom(4);           // อ่าน
ค่าอุณหภูมิ 1
  lcd_gotoxy(1,2);   // แสดงlcdหลัก1แถว2
  printf(lcd_putc, "Temp %.2f", result);          // แสดง
ค่าอุณหภูมิ 1
  lcd_gotoxy(12,2); // แสดงlcdหลัก12แถว2
  printf(lcd_putc, "%cC",223);
// degree C
  result=read_float_from_eeprom(8);           // อ่าน
ค่าความเค็ม 1
  lcd_gotoxy(1,3);   // แสดงlcdหลัก1แถว3
  printf(lcd_putc, "Salt %.2f", result);          // แสดงค่า
ความเค็ม 1
  lcd_gotoxy(12,3); // แสดงlcdหลัก12แถว3
  printf(lcd_putc, "ppt");
  result=read_float_from_eeprom(12);          // อ่าน
ค่าออกซิเจนในน้ำ 1
  lcd_gotoxy(1,4);   // แสดงlcdหลัก1แถว4
  printf(lcd_putc, "D.O. %.2f", result);          // แสดงค่า
ออกซิเจนในน้ำ 1
  result=read_float_from_eeprom(16);          // อ่าน
ค่าพีเอช 1
  lcd_gotoxy(13,4); // แสดงlcdหลัก13แถว4
  printf(lcd_putc, "pH %.2f", result);          // แสดงค่า
พีเอช 1
}

void fin1(void)
{
  output_low(PIN_D2);                          // realy
rewide
  output_low(PIN_E0);                          // motor
1 stop
  delay_ms(300); // หน่วงเวลา 300 ms
  lcd_gotoxy(1,1); // แสดงlcdหลัก1แถว1
  printf(lcd_putc, "\f   Finish Program   ");
  printf(lcd_putc, "\n       Mode 1       ");
  printf(lcd_putc, "\n   Please enter to  ");
  printf(lcd_putc, "\n     see result     ");
  while(TRUE) // ทำซ้ำเมื่อจริง
  {
    if(linput(PIN_B2)) // ถ้ากดสวิตช์ตกลง
    {
      read1();
    }
  }
}

void do1(void) // ฟังก์ชั่นย่อย do1
{
  while(TRUE)       // ทำซ้ำเมื่อจริง
  {
    time();           // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย time
    lcd_gotoxy(17,3);
// แสดงlcdหลัก17แถว3
    printf(lcd_putc, "%d",num);
// แสดงค่า num
    output_high(PIN_D2);   // relay tik
    wr_index=0;      // ให้ wr_index=0
    msg_ready=0;  // ให้ msg_ready=0
    enable_interrupts(INT_RDA);
// เปิดอินเตอร์รัพท์ RDA
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    enable_interrupts(GLOBAL);
// เปิดอินเตอร์รัพท์ทั้งหมด
    printf("c\r");  // ส่ง c ผ่านพอร์ทอนุกรม
    printf("l1\r"); // ส่ง l1 ผ่านพอร์ทอนุกรม
    delay_ms(300); // หน่วงเวลา 300 ms
    if(msg_ready)  // ถ้าได้รับข้อมูล
    {
     disable_interrupts(INT_RDA);
// ปิดอินเตอร์รัพท์ RDA
     doee3=atof(buf);
// แปลง ascii เป็น float
     lcd_gotoxy(1,4);//แสดงlcdหลัก1แถว4
     printf(lcd_putc,"D.O. %f",doee3);        // แสดงค่า
ออกซิเจนในน้ำ
     msg_ready=0;  // ให้ msg_ready=0
     enable_interrupts(INT_RDA);
// เปิดอินเตอร์รัพท์ RDA
     if(num>13)     // ถ้า num>13
     {
      write_float_to_eeprom(12, doee1);      // เขียน
ค่าออกซิเจนในน้ำใน eeprom
      fin1();
     }
    }
   }
}

void ph1(void) // ฟังก์ชั่นย่อย ph1
{
 while(TRUE)       // ทำซ้ำเมื่อจริง
 {
  time();          // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย time
  lcd_gotoxy(17,3);
// แสดงlcdหลัก17แถว3
  printf(lcd_putc, "%d",num);
// แสดงค่า num
  output_low(PIN_D2);  // relay tik
  wr_index=0;    // ให้ wr_index=0
  msg_ready=0;  // ให้ msg_ready=0
  enable_interrupts(INT_RDA);
// เปิดอินเตอร์รัพท์ RDA
  enable_interrupts(GLOBAL);
// เปิดอินเตอร์รัพท์ทั้งหมด
  printf("c\r");  // ส่ง c ผ่านพอร์ทอนุกรม
  printf("l1\r"); // ส่ง l1 ผ่านพอร์ทอนุกรม
  delay_ms(300); // หน่วงเวลา 300 ms
  if(msg_ready)  // ถ้าได้รับข้อมูล
  {
   disable_interrupts(INT_RDA);
// เปิดอินเตอร์รัพท์ RDA
   phee3=atof(buf);  // แปลง ascii เป็น float
   lcd_gotoxy(13,4); // แสดงlcdหลัก13แถว4
   printf(lcd_putc,"pH %f",phee3);          // show
value
   msg_ready=0;  // ให้ msg_ready=0
   enable_interrupts(INT_RDA);
// เปิดอินเตอร์รัพท์ RDA
   if(num>6)
   {
    write_float_to_eeprom(16, phee1);       // เขียน
ค่าพีเอชใน eeprom
    do1(); // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย do1
   }
  }
 }
}

void temp_salt1(void)                       // ฟังก์ชั่น
ย่อย temp_salt1
{
 while(TRUE) // ทำซ้ำเมื่อจริง
 {
  num=0;     // ให้ num=0
  lcd_gotoxy(1,1);
// แสดงlcdหลัก1แถว1
  printf(lcd_putc, "\fLevel 1 = %d",sw4);      //
show level
  lcd_gotoxy(13,1);
// แสดงlcdหลัก13แถว1
  printf(lcd_putc, "m    1/1");               // show
level
  lcd_gotoxy(16,2);
// แสดงlcdหลัก16แถว2
  printf(lcd_putc, "%d",swm1);
// แสดงค่า swm1
  lcd_gotoxy(18,2);
// แสดงlcdหลัก18แถว2
  printf(lcd_putc, "%d",swm2);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
// แสดงค่าระดับความลึกปัจจุบัน
      lcd_gotoxy(30,2);
// แสดงlcdหลัก30แถว2
      printf(lcd_putc, "m");

      set_adc_channel(13);                    // ตั้งค่า
adc channel 13
    delay_us(30);       // หน่วงเวลา 30 us
    temp_adc = read_adc();  // อ่าน adc
    temp_volt = (float)(temp_adc * 5.15)/1023.0;
// solution bit
    temp = (float)(temp_volt * 21.393)-30.518;
// solution temp
      lcd_gotoxy(1,2);
// แสดงlcdหลัก1แถว2
      printf(lcd_putc, "Temp %f", temp);          //
แสดงค่าอุณหภูมิ
      lcd_gotoxy(12,2);
// แสดงlcdหลัก12แถว2
      printf(lcd_putc, "%cC",223);                //
degree C

      set_adc_channel(11);                    // ตั้งค่า
adc channel 11
      delay_us(30);  // หน่วงเวลา 30 us
      salt_adc = read_adc();  // อ่าน adc
      salt_volt = (float)(salt_adc * 5.00)/1023.0;      //
solution bit
      if(0.00>=salt_volt&&salt_volt<=0.49)
      {
        salt = 0.00;
        lcd_gotoxy(1,3);
// แสดงlcdหลัก1แถว3
        printf(lcd_putc, "Salt = %f ",salt);
        lcd_gotoxy(12,3);
// แสดงlcdหลัก12แถว3
        printf(lcd_putc, "ppt");
        delay_ms(1000);
// หน่วงเวลา 1 วินาที
      }
      if(salt_volt>=0.50&&salt_volt<=1.30)
      {
        salt = (4.0984*salt_volt) + 6E-16;
        lcd_gotoxy(1,3);
// แสดงlcdหลัก1แถว3
        printf(lcd_putc, "Salt = %f ",salt);
        lcd_gotoxy(12,3);
// แสดงlcdหลัก12แถว3
        printf(lcd_putc, "ppt");
        delay_ms(1000);
// หน่วงเวลา 1 วินาที
      }
      if(salt_volt>=1.21&&salt_volt<=1.28)
      {
        salt = (31.25*salt_volt) - 33.125;
        lcd_gotoxy(1,3);
// แสดงlcdหลัก1แถว3
        printf(lcd_putc, "Salt = %f ",salt);
        lcd_gotoxy(12,3);
// แสดงlcdหลัก12แถว3
        printf(lcd_putc, "ppt");
        delay_ms(1000);
// หน่วงเวลา 1 วินาที
      }
      if(salt_volt>=1.29&&salt_volt<=1.41)
      {
        salt = (71.429*salt_volt) - 88.571;
        lcd_gotoxy(1,3);
// แสดงlcdหลัก1แถว3
        printf(lcd_putc, "Salt = %f ",salt);
        lcd_gotoxy(12,3);
// แสดงlcdหลัก12แถว3
        printf(lcd_putc, "ppt");
        delay_ms(1000);
// หน่วงเวลา 1 วินาที
      }
      if(salt_volt>=1.42&&salt_volt<=1.46)
      {
        salt = (125*salt_volt) - 166.25;
        lcd_gotoxy(1,3);
// แสดงlcdหลัก1แถว3
        printf(lcd_putc, "Salt = %f ",salt);
        lcd_gotoxy(12,3);
// แสดงlcdหลัก12แถว3
        printf(lcd_putc, "ppt");
        delay_ms(1000);
// หน่วงเวลา 1 วินาที
      }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      if(salt_volt>=1.47&&salt_volt<=1.50)
      {
        salt = (250*salt_volt) - 352.5;
        lcd_gotoxy(1,3); // แสดงlcdหลัก1แถว3
        printf(lcd_putc, "Salt = %f ",salt);
        lcd_gotoxy(12,3);
// แสดงlcdหลัก12แถว3
        printf(lcd_putc, "ppt");
        delay_ms(1000);
// หน่วงเวลา 1 วินาที
      }
      if(salt_volt>=1.51)
      {
        salt = (500*salt_volt) - 730;
        lcd_gotoxy(1,3);
// แสดงlcdหลัก1แถว3
        printf(lcd_putc, "Salt = %f ",salt);
        lcd_gotoxy(12,3);
// แสดงlcdหลัก12แถว3
        printf(lcd_putc, "ppt");
        delay_ms(1000);
// หน่วงเวลา 1 วินาที
      }
//-------- Motor down num sec --------//
      if(input(PIN_B3))
// ถ้าเซ็นเซอร์เช็คระดับผิวน้ำสัมผัสน้ำ
      {
        swm1++;    // เพิ่มค่าตัวแปล swm1
        delay_ms(50); // หน่วงเวลา 50 ms
        if(swm1==8)  // 8 วินาที = 1 เมตร
        {
          swm2++; // เพิ่มค่าตัวแปลswm2
          swm1=0; // ให้ swm1=0
          delay_ms(50); //หน่วงเวลา50ms
        }
      }
//------ End Motor down num sec ------//
      if(sw4==swm2)   // ถ้า sw4 = swm2
      {
        time(); // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย time
        tee1 = temp;
        write_float_to_eeprom(4, tee1);          //
เขียนค่าอุณหภูมิ 1
        see1 = salt;
        write_float_to_eeprom(8, see1);          //
เขียนค่าความเค็ม 1
        lcd_gotoxy(17,3);
// แสดงlcdหลัก17แถว3
        printf(lcd_putc, "%d",num);
// แสดงค่า num
        lcd_gotoxy(19,3);
// แสดงlcdหลัก19แถว3
        printf(lcd_putc, "P1");
        output_high(PIN_E0);                     // ปั๊มน้ำ 1
ทำงาน
        delay_ms(1000);
// หน่วงเวลา 1 วินาที
        if(num==1) // ถ้า num = 1
        {
          ph1(); // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย ph1
        }
      }
    }
    void level1(void) // ฟังก์ชั่นย่อย level1
    {
     lcd_gotoxy(1,1); // แสดงlcdหลัก1แถว1
     printf(lcd_putc, "\fPlease select level(1");
     printf(lcd_putc, "\nfrom 0-30 meter");
     printf(lcd_putc, "\n--------------------");
     while(TRUE)    // ทำซ้ำเมื่อจริง
     {
      swi4();       // ใช้ฟังก์ชั่นย่อยswi4
      if(sw4==-1)  // ถ้า sw4 = -1
      {
       sw4=30;    // ให้ sw4 = 30
      }
      if(sw4==9)   // ถ้า sw4 = 9
      {
        lcd_gotoxy(12,4);
// แสดงlcdหลัก12แถว4
        printf(lcd_putc, "  ");
      }
      if(sw4==21)  // ถ้า sw4 = 21
      {
        sw4=0;     // ให้ sw4=0
        lcd_gotoxy(12,4);
// แสดงlcdหลัก12แถว4
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

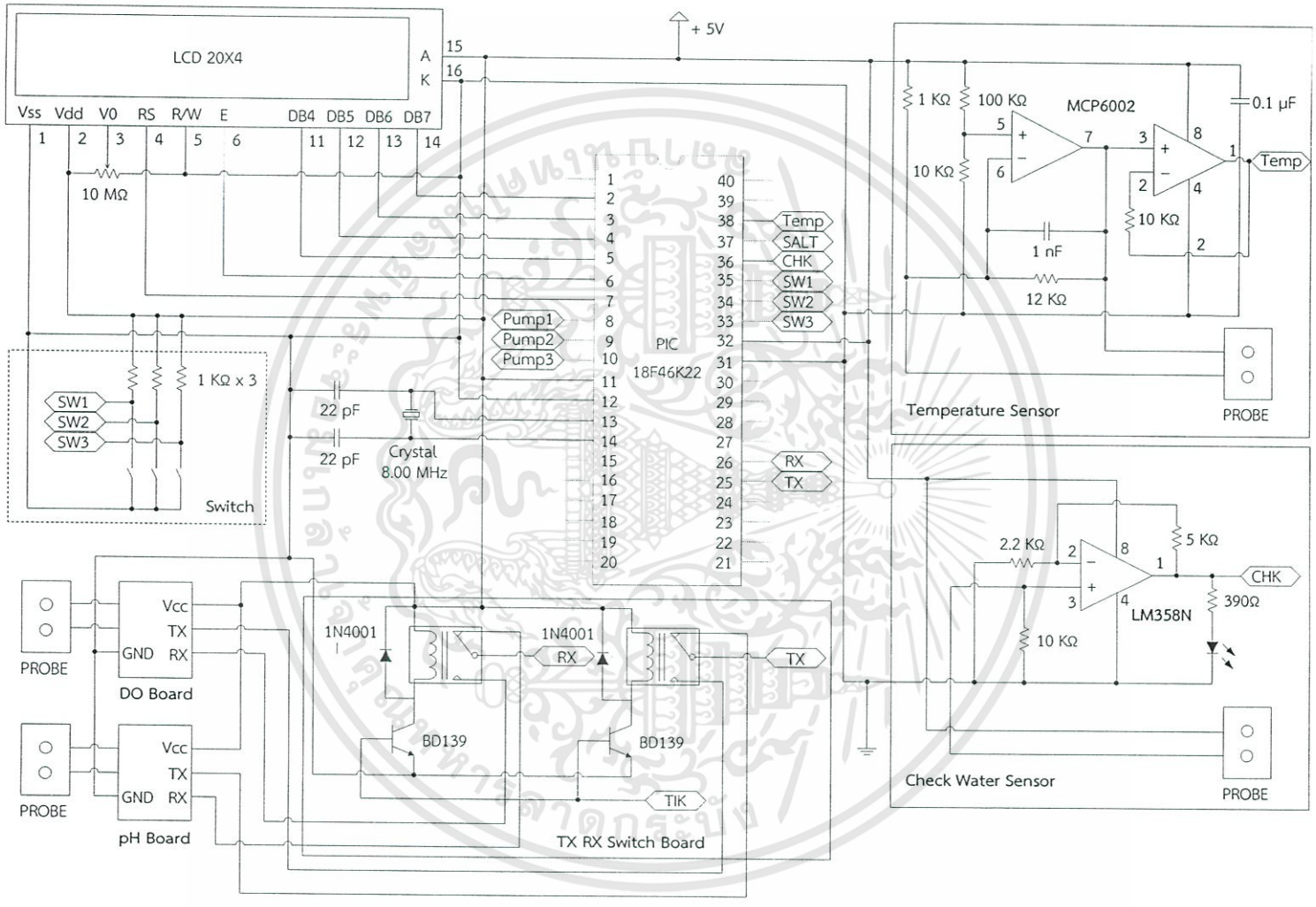
```
        printf(lcd_putc, "  ");
      }
      lcd_gotoxy(1,4);
// แสดงlcdหลัก1แถว4
      printf(lcd_putc, "level 1 = %d",sw4);
      lcd_gotoxy(14,4);
// แสดงlcdหลัก14แถว4
      printf(lcd_putc, "meter");
      delay_ms(300); // หน่วงเวลา 300 ms
      if(!input(PIN_B2)) // ถ้ากดสวิตช์ตกลง
      {
        mee1 = sw4;
        write_float_to_eeprom(52, mee1);          //
เขียนระดับความลึก 1
        temp_salt1();
// ใช้ฟังก์ชั่นย่อย temp_salt1
      }
    }
}
//------------ Mode1 end ------------//

void main()
{
  enable_interrupts(INT_RDA);
// เปิดอินเตอร์รัพท์ RDA
  enable_interrupts(GLOBAL);
// เปิดอินเตอร์รัพท์ทั้งหมด
  setup_adc(ADC_CLOCK_DIV_8);
// ใช้งานฟังก์ชั้น adc
  lcd_gotoxy(1,1); // แสดงlcdหลัก1แถว1
  printf(lcd_putc, "\fPlease select write/");
  printf(lcd_putc, "\nread program.");
  printf(lcd_putc, "\n--------------------");
  printf(lcd_putc, "\n   write     read");
  while(TRUE) // ทำซ้ำเมื่อจริง
  {
    swi1(); // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย swi1
    if(sw1==0) // ถ้า sw1 = 0
    {
      sw1=2;    // ให้ sw1 = 2
    }
    if(sw1==1) // ถ้า sw1 = 1
    {
    lcd_gotoxy(1,4); // แสดงlcdหลัก1แถว4
    printf(lcd_putc, " > write     read");
    if(!input(PIN_B2)) //ถ้ากดสวิตช์ตกลง
    {
      lcd_gotoxy(1,1);//แสดงlcdหลัก1แถว1
      printf(lcd_putc, "\fPlease select 1-3");
      printf(lcd_putc, "\nlevel to write.");
      printf(lcd_putc, "\n--------------------");
      while(TRUE) // ทำซ้ำเมื่อจริง
      {
        swi2();      // ใช้ฟังก์ชั่นย่อยswi2
        if(sw2==0) // ถ้า sw2 = 0
        {
          sw2=3;    // ให้ sw2 = 3
        }
        if(sw2==4) // ถ้า sw2 = 4
        {
          sw2=1;    // ให้ sw2 = 1
        }
        sw1=5;      // ให้ sw1 = 5
        lcd_gotoxy(1,4);
// แสดงlcdหลัก1แถว4
        printf(lcd_putc, "level = %d",sw2);          //
แสดงค่า sw2
        delay_ms(300); //หน่วงเวลา300ms
        if(!input(PIN_B2)) //ถ้ากดสวิตช์ตกลง
        {
          eesw2 = sw2;
          write_float_to_eeprom(0, eesw2);          //
เขียนค่าจำนวนความลึก
          switch(sw2)
          {
            case 1:level1();
// ใช้ฟังก์ชั่นย่อย level1
            break;          // หยุด
            case 2:level2();
// ใช้ฟังก์ชั่นย่อย level2
            break;          // หยุด
            case 3:level4();
// ใช้ฟังก์ชั่นย่อย level4
            break;          // หยุด
          }while(TRUE);      // ทำซ้ำเมื่อจริง
        }
      }
    }
}
```

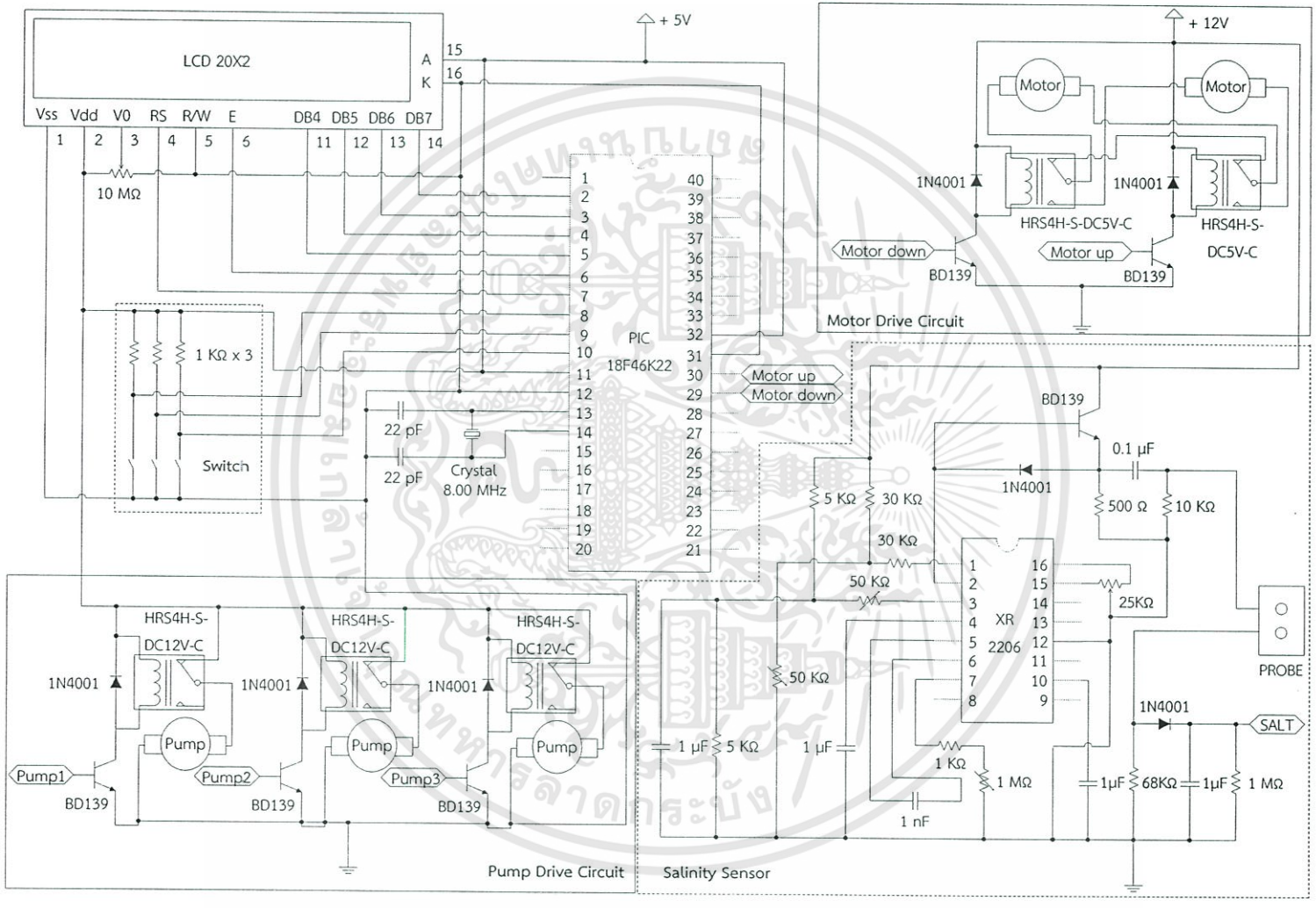
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    }
    if(sw1==2)          // ถ้า sw1 = 2
    {
      lcd_gotoxy(1,4); //แสดงlcdหลัก1แถว4
      printf(lcd_putc, "   write   > read");
      if(!input(PIN_B2)) //ถ้ากดสวิตช์ตกลง
      {
        sw1=5;
        result=read_float_from_eeprom(0); // อ่านค่า
จำนวนความลึก
        lcd_gotoxy(30,4);
        printf(lcd_putc, "%f",result);
        if(result==1.00)
// ถ้า result = 1.00
        {
          read1();  // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย read1
        }
        else if(result==2.00)
// ถ้า result = 2.00
        {
          read2();  // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย read2
        }
        else if(result==3.00)
// ถ้า result = 3.00
        {
          read3();  // ใช้ฟังก์ชั่นย่อย read3
        }
      }
    }
    if(sw1==3)      // ถ้า sw1 = 3
    {
      sw1=1;        // ให้ sw1 = 1
    }
  }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.1 แสดงวงจรรวมของเครื่องวัดคุณภาพน้ำ



รูปที่ ก.2 แสดงวงจรรวมของเครื่องปล่อยอัตโนมัติ

ภาคผนวก ข.

คู่มือการใช้งาน

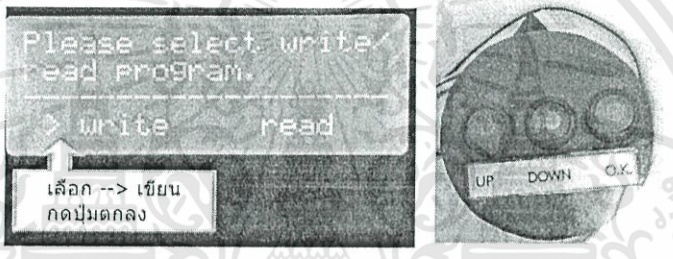
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการใช้งาน

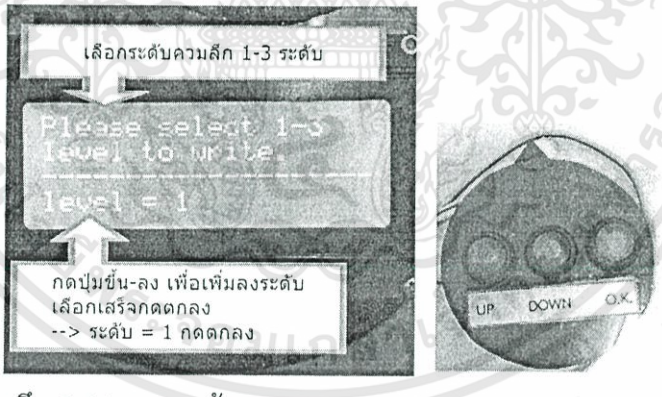
วิธีใช้งานเครื่องวัดคุณภาพน้ำ

1. กดปุ่มเปิดเครื่อง เพื่อเปิดโปรแกรมการทำงาน
2. เลือก > เขียน หรือ > อ่าน

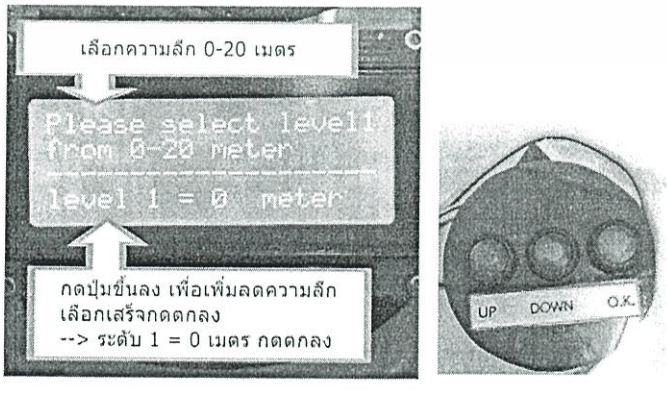
2.1 เลือก --> เขียน กดตกลง



+ เลือกระดับความลึก 1-3 ระดับความลึก แล้วกดตกลง

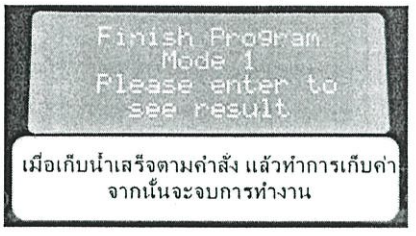


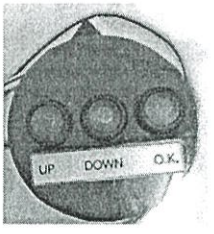
+ เลือกความลึก 0-20 เมตร แล้วกดตกลง



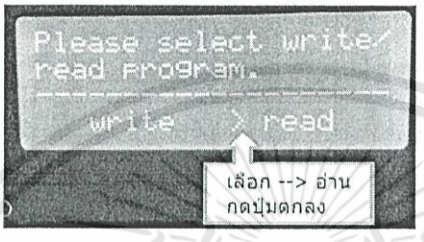
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

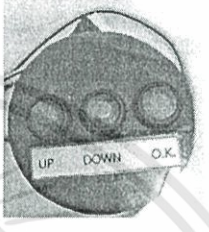
+ เครื่องจะทำงานหลังจากเซ็นเซอร์วัดระดับผิวน้ำสัมผัสน้ำ เครื่องจะลงไปเก็บค่า เก็บค่าเสร็จ เครื่องจะขึ้นมาอัตโนมัติ เมื่อขึ้นสู่ผิวน้ำ กดตกลงเพื่อหยุดการดึงเชือกและอ่านค่า



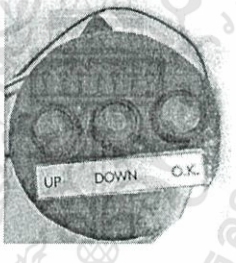


2.2 อ่าน --> หน้าจอจะแสดงค่าที่อ่านได้ครั้งล่าสุด





+ อ่านค่าเมื่อเครื่องทำงานเสร็จ



3. กดปุ่มปิด เพื่อปิดโปรแกรมทั้งหมด

4. นำน้ำออกจากกระบอกเก็บน้ำ

วิธีใช้งานเครื่องวัดระดับอ้างอิง

1. เมื่อเปิดเครื่องหน้าจอจะแสดงให้เลือกจำนวนระดับความลึกที่ต้องการ โดยมีให้เลือก 3 ระดับ

2. โปรแกรมจะให้ทำการป้อนระดับความลึกที่ต้องการตั้งแต่ 0-30 เมตร

3. กดปุ่มเลือกขึ้นลงเพื่อปรับระดับของเครื่องวัดคุณภาพน้ำให้อยู่ในระดับที่ต้องการโดยให้เซ็นเซอร์ตรวจสอบระดับผิวน้ำของเครื่องวัดคุณภาพน้ำ อยู่เหนือผิวน้ำเล็กน้อย

4. เมื่อกดตกลงเครื่องจะทำงานเริ่มปล่อยเครื่องลงสู่ใต้น้ำ

5. เมื่อถึงระดับผิวน้ำที่ต้องการมอเตอร์จะหยุดทำงานเพื่อให้เครื่องวัดคุณภาพน้ำทำการเก็บค่าและเก็บตัวอย่างน้ำ

6. เมื่อทำงานครบทุกระดับความลึกแล้วมอเตอร์จะทำการดึงขึ้นและรอกดตกลงเพื่อหยุดการดึงมอเตอร์เมื่อถึงระดับที่ต้องการ

7. เมื่อกดตกลงเป็นการจบการทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

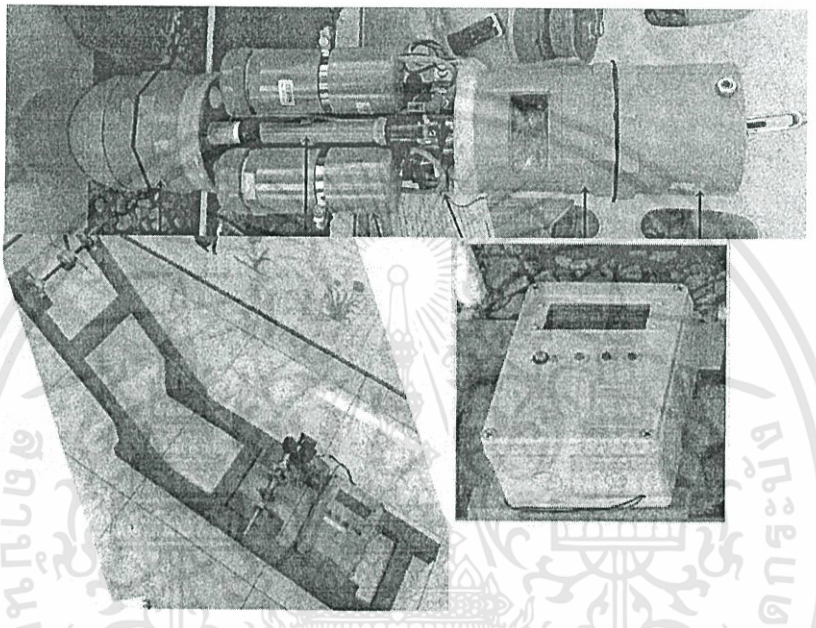
ภาคผนวก ค.
สรุปผลดำเนินงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลงานวิจัย

จากการดำเนินการวิจัย ระยะเวลาดำเนินการ 1 ปี - เดือน ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2557 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2558 ผลการดำเนินงานที่สำเร็จ ณ วันที่ 30 กันยายน 2557 ประกอบด้วย

- ชิ้นงาน ต้นแบบ เพื่อใช้ในการศึกษาระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งและเก็บตัวอย่างน้ำแบบ 3 ระดับความลึก
- รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งและเก็บตัวอย่างน้ำแบบ 3 ระดับความลึก



แสดงระบบเครื่องวัดคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งและเก็บตัวอย่างน้ำแบบ 3 ระดับความลึก

ผลที่กำลังดำเนินการ

- บทความวิจัย อยู่ระหว่างการพิจารณาตอบรับของหน่วยงานจัดการประชุมวิชาการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.

สรุปการใช้จ่ายการดำเนินการโครงการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสโครงการ/รหัสสัญญา 2558-A1180-2092

แบบรายงานการใช้จ่ายเงินโครงการวิจัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รายงานความก้าวหน้า ครั้งที่ 3 รอบ 12 เดือน ประจำปีงบประมาณ 2558

☑ แหล่งงบประมาณแผ่นดิน (แบบปกติ) ☐ แหล่งเงินรายได้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งและเก็บตัวอย่างน้ำแบบ 3 ระดับความลึก
(ภาษาอังกฤษ) The Coastal Water Quality Monitoring Systems and three samples of water depth

ชื่อ-สกุลหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน/ผู้วิจัย (อ.) มนตรี ไชยชาญยุทธ์
รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2556 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2558
ระยะเวลาดำเนินการ 1 ปี - เดือน ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2557 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2558

ข้อมูลการรายงานค่าใช้จ่ายงบประมาณโครงการวิจัย

1. การเบิกจ่ายงบประมาณ (กรณีการจ่ายเงินถ้าจ่ายงวดเดียวให้ลบข้อที่ไม่เกี่ยวข้องออก)

งวดที่ 1 65,540 บาท 15 % วันที่ได้รับอนุมัติให้เบิกจ่ายเงิน (ป/ด/ว) 08/12/57
งวดที่ 2 372,860 บาท 85 % วันที่ได้รับอนุมัติให้เบิกจ่ายเงิน (ป/ด/ว) 15/05/58

2. สรุปงบประมาณค่าใช้จ่ายที่ใช้นับตั้งแต่เริ่มทำการวิจัยถึงปัจจุบัน (จำแนกตามหมวดค่าใช้จ่าย (

หมวดค่าใช้จ่าย	งบประมาณรวมทั้งโครงการ	ค่าใช้จ่าย (บาท)	คงเหลือ (หรือเกิน)
งบบุคลากร : ค่าจ้างชั่วคราว	140,160	140,160	-
งบดำเนินงาน			
ค่าตอบแทน	-	-	-
ค่าใช้สอย	82,240	82,240	-
ค่าวัสดุ	216,000	216,000	-
ค่าสาธารณูปโภค	-	-	-
งบลงทุน: ค่าครุภัณฑ์	-	-	-
รวม	438,400	438,400	-

(มนตรี ไชยชาญยุทธ์)
ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน
29 / 09 / 2557

(นางสาวจิรนันท์ [illegible])
ลงนามเจ้าหน้าที่การเงิน/เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง
29 / 09 / 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติหัวหน้าโครงการวิจัย/ผู้วิจัยหลัก/ผู้วิจัยร่วม/ที่ปรึกษาโครงการ

1. หัวหน้าโครงการ

1.1 ชื่อ (ภาษาไทย) นายมนตรี ไชยชาญยุทธ์

(อังกฤษ) MR. Montree CHAICHANYUT

1.2 เลขหมายประจำตัวประชาชน 3 9001 00182 80 8

1.3 ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ระดับ 5

1.4. หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้

แผนก/ภาควิชา ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ กอง/คณะ วิทยาเขตชุมพร

กรม/มหาวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ที่อยู่ หมู่ 6 ต.ชุมโค อ.ปะทิว จ.ชุมพร 86160

โทรศัพท์ 077-591-445

โทรสาร 077-506-410

Email: kcmontre@kmitl.ac.th

1.5 ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญา	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบัน การศึกษา	ประเทศ
2547	โท	วศ.ม.	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	อิเล็กทรอนิกส์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ไทย
2545	ตรี	วศ.บ.	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	อิเล็กทรอนิกส์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ไทย

1.6 สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชา

- อิเล็กทรอนิกส์ทางการแพทย์และการประมวลผลสัญญาณ
- วิศวกรรมระบบเครื่องมือวัดควบคุมและอิเล็กทรอนิกส์กำลัง

1.7 ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

1.7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย

1.7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

1.7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

- ชื่อเรื่อง Thermal Conduction and Perfusion of Ring-Slot Microwave Antenna for treatment Liver Tumor

  วารสาร International Conference on Biomedical Engineering (ICoBE), Organized bySchool of Mechatronic Engineering,Universiti Malaysia Perlis (UniMAP), Perlis, Malaysia Tutorials

  ปีที่พิมพ์ 26th February, 2012 Conference: 27-28, February 2012

  สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย

- ชื่อเรื่อง Microwave Ablation with Cap-Choke Antenna: Result in Computer Simulation

  วารสาร International Conference organized by Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON 2010),

  ปีที่พิมพ์ 19-21 MAY,2010 ,Chiang Mai, THAILAND

  สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **ชื่อเรื่อง** ความเป็นไปได้ในการตรวจจับการลอกคราบของปูด้วยวิธีการประมวลผลภาพสำหรับฟาร์มปูนิ่ม
  วารสาร การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 11
  ปีที่พิมพ์ ประเทศไทย,6-7 พฤษภาคม 2553
  สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- **ชื่อเรื่อง** เทคนิคการลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยคลื่นความถี่ไมโครเวฟแบบสาย พานลำเลียง
  วารสาร การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 11
  ปีที่พิมพ์ ประเทศไทย,6-7 พฤษภาคม 2553
  สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- **ชื่อเรื่อง** เครื่องคัดแยกขนาดสับปะรดโดยใช้อินฟาเรดเซนเซอร์
  วารสาร การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 11
  ปีที่พิมพ์ ประเทศไทย,6-7 พฤษภาคม 2553
  สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- **ชื่อเรื่อง** เครื่องคั่วกาแฟ
  วารสาร การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 11
  ปีที่พิมพ์ ประเทศไทย,6-7 พฤษภาคม 2553
  สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- **ชื่อเรื่อง** การออกแบบโพรบตรวจจับความชื้นในผิวดินด้วยวิธีการวัดความนำ ไฟฟ้า
  วารสาร การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 10
  ปีที่พิมพ์ ประเทศไทย,1-3 เมษายน 2552
  สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- **ชื่อเรื่อง** ระบบต้นแบบการเก็บข้อมูลขนาดความยาว และ น้ำหนักของปลาทะเล
  วารสาร การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 10
  ปีที่พิมพ์ ประเทศไทย,1-3 เมษายน 2552
  สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- **ชื่อเรื่อง** ระบบต้นแบบการตรวจจับการลอกคราบของปูทะเลสำหรับฟาร์มปูนิ่มด้วยวิธีการประมวลผลภาพ
  วารสาร การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 10
  ปีที่พิมพ์ ประเทศไทย,1-3 เมษายน 2552
  สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- **ชื่อเรื่อง** ตู้ต้นแบบเพื่อการเพาะถั่วงอกปลอดสารพิษในครัวเรือนด้วยระบบควบ คุมอุณหภูมิ และความชื้น
  วารสาร การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 10
  ปีที่พิมพ์ ประเทศไทย,1-3 เมษายน 2552
  สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- **ชื่อเรื่อง** LENGTH EFFECT OF DIELECTRIC-TIP MONOPOLE ANTENNA TO TEMPERATURE DISTRIBUTIONS FOR MICROWAVE ABLATION
  วารสาร International Conference on Cellular & Molecular Bioengineering
  ปีที่พิมพ์ 10-12th December 2007, Singapore
  สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- **ชื่อเรื่อง** LENGTH EFFECT OF METAL-TIP MONOPOLE ANTENNA TO TEMPERATURE DISTRIBUTIONS FOR MICROWAVE ABLATION
  วารสาร World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering 2006
  ปีที่พิมพ์ August 27 –September 1 WC 2006
  สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **ชื่อเรื่อง** COMPARISON TEMPERATURE DISTRIBUTION BETWEEN MICROWAVE AND RADIO-FREQUENCY ABLATION PROBE IN HEPATIC CANCER
  วารสาร World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering 2006
  ปีที่พิมพ์ August 27 –September 1 WC 2006
  สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- **ชื่อเรื่อง** "FINITE ELEMENT METHOD FOR ANALYSIS OF HEPATIC CANCER TISSUE DESTRUCTION USING 2.45 GIGAHERTZ ANTENNAS"
  วารสาร ICBME the 12th INTERNATIONAL CONFERENCE ON BIOMEDICAL ENGINEERING
  ปีที่พิมพ์ December 7-10, 2005
  สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- **ชื่อเรื่อง** "Finite Element Analyses for a study of Hepatic cancer tissue destruction using monopolar and bipolar Radio-frequency Ablation"
  วารสาร ISBME INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BIOMEDICAL ENGINEERING
  ปีที่พิมพ์ November 16-18, 2004
  สถานภาพในการทำวิจัย ผู้ร่วมวิจัย
- ชื่อเรื่อง "ระบบเก็บข้อมูลสำหรับอุณหภูมิและความชื้น"
  วารสาร การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมการเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 5
  ปีที่พิมพ์ 2547
  สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย

1.7.4 งานวิจัยที่กำลังจะทำ

- ชื่อเรื่อง "เครื่องต้นแบบการเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงความชื้นผลผลิตการเกษตรตามเวลาจริงโดยใช้คลื่นไมโครเวฟเพื่อทำนายการอบแห้ง"
- ชื่อเรื่อง "เครื่องต้นแบบสำหรับการรับซื้อขยะเพื่อช่วยลดโลกร้อน (ขวดพลาสติกและกล่องเครื่องดื่มยูเอชที"
- ชื่อเรื่อง "เครื่องวัดและศึกษาดัชนีบ่งชี้ความสดของเนื้อปลาทะเลโดยการวัดความต้านทานเชิงซ้อน"

2. ผู้ร่วมวิจัย

2.1 ชื่อ (ภาษาไทย) นายอรรถศาสตร์ นาคเทวัญ
(ภาษาอังกฤษ) Mr. Athasart NARKTHEWAN
2.2 มายประจำตัวประชาชน 3 8097 00050 44 8
2.3 ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ ระดับ 5
2.4 หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้

แผนก/ภาควิชา	ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ **กอง/คณะ** วิทยาเขตชุมพร
กรม/มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ที่อยู่	หมู่ 6 ต.ชุมโค อ.ปะทิว จ.ชุมพร 86160
โทรศัพท์	077-591-445
โทรสาร	077-506-410
Email:	knathasa@kmitl.ac.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญา	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบัน การศึกษา	ประเทศ
2545	โท	วศม.	วิศวกรรมไฟฟ้า	อิเล็กทรอนิกส์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ไทย
2536	ตรี	คอบ.	ครุศาสตร์วิศวกรรม	อิเล็กทรอนิกส์ และคอมพิวเตอร์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ไทย

2.6 สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชา

- Image Processing
- Pattern Recognition

2.7 ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศระบุสถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นหัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละเรื่อง

2.7.1 การบริหารงานวิจัย: ชื่อแผนงานวิจัยหรือชุดโครงการวิจัย

2.7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

2.7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

- ชื่อเรื่อง "การตรวจหาสิ่งผิดปกติในเท็กเจอร์ของผ้าไหมโดยใช้การแปลงเวฟเล็ต."
  วารสาร การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41
  ปีที่พิมพ์ 3-7 กุมภาพันธ์ 2546.
  สถานภาพในการทำวิจัย ผู้วิจัย
- ชื่อเรื่อง "การวิเคราะห์เท็กเจอร์โดยใช้การแปลงเวฟเล็ต."
  วารสาร การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 20
  ปีที่พิมพ์ พฤศจิกายน 2540.
  สถานภาพในการทำวิจัย ผู้วิจัย
- ชื่อเรื่อง "การแก้ไขรายละเอียดของภาพโดยใช้การแปลงเวฟเล็ต."
  วารสาร วิศวสารลาดกระบัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ ทหารลาดกระบัง
  ปีที่พิมพ์ เมษายน 2540.
  สถานภาพในการทำวิจัย ผู้วิจัย

2.7.4 งานวิจัยที่กำลังจะทำ ---

3.1 ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวมนต์สรวง ยางทอง
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss Monsuang Yangthong

3.2 เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3-9099-00478-97-1

3.3 ตำแหน่งปัจจุบันเงินเดือน 23,320 (บาท)
เวลาที่ใช้ทำวิจัย (15 ชั่วโมง : สัปดาห์)

3.4 หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร
สาขาเทคโนโลยีการเกษตร หลักสูตรวิทยาศาสตร์การประมงและทรัพยากรทางน้ำ
โทรศัพท์ 087-3991577 E-mail ymonsuang@hotmail.co.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญา	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบันการศึกษา	ประเทศ
2556	เอก	ปร.ด.	วาริชศาสตร์	โภชนศาสตร์สัตว์น้ำ (สาหร่าย-ภูมิคุ้มกัน)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่	ไทย
2545	โท	วท.ม.	วาริชศาสตร์	โภชนศาสตร์สัตว์น้ำ	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่	ไทย
2539	ตรี	วท.บ.	การประมง	เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	มหาวิทยาลัยแม่โจ้	ไทย

3.6 สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
โภชนศาสตร์สัตว์น้ำ สาหร่ายทะเลขนาดใหญ่

3.7 ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

3.7.1 ประสบการณ์งานวิจัยและผลงานการตีพิมพ์ที่ผ่านมา ทั้งภายในและภายนอกประเทศ

มนต์สรวง ยางทอง. 2546. ปะการังเทียมกับการฟื้นฟูทรัพยากรประมง. ว. ราชมงคลหันตรา ปีที่ 1 (2)

วุฒิพร พรหมขุนทอง. **มนต์สรวง ยางทอง.** กิจการ ศุภมาตย์ และดุสิต นาคะชาต. 2547. ผลของเอนไซม์ไฟเตสและอินนทรีย์ฟอสเฟตต่อการใช้ฟอสฟอรัสในปลานิลแปลงเพศ. ว. สงขลานครินทร์. ปีที่ 26 (2)

วุฒิพร พรหมขุนทอง และ**มนต์สรวง ยางทอง**. 2548. การประยุกต์ใช้เอนไซม์ไฟเตสในการเลี้ยงปลา. ผลงานวิจัยและบทความทางวิชาการในวาระครบรอบ 30 ปี คณะทรัพยากรธรรมชาติ. 28-32.

มนต์สรวง ยางทอง และศิริญญา งามระลึก. 2549. ผลของปุ๋ยชนิดต่างๆต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายผมนาง. การประชุมวิชาการนเรศวรวิจัย ครั้งที่ 2 ความสำเร็จของการพัฒนาชุดโครงการ 28-29 กรกฎาคม 2549. 262-268.

มนต์สรวง ยางทอง. 2549. ผลของไคโตซานระดับต่างๆ ต่อการเคลือบเม็ดอาหารปลานิลแปลงเพศที่เสริมด้วยเอนไซม์ไฟเตส. ว. พระจอมเกล้าลาดกระบัง. 14 (1): 34-43.

มนต์สรวง ยางทอง. 2549. บทบาทของไคติน-ไคโตซานต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. ว. พระจอมเกล้าลาดกระบัง. 14 (1): 44-48.

มนต์สรวง ยางทอง. 2549. ความเป็นไปได้ของการเสริมสาหร่ายทุ่นในอาหารสำเร็จรูปสำหรับปูม้า. นานาสัตว์น้ำ 10 (3).

มนต์สรวง ยางทอง, แขวลี วิบูลย์กิจ และ พิมาน เถาสมบัติ. 2550. ศึกษาการเจริญเติบโตของปลานิลแปลงเพศที่ได้รับอาหารเคลือบด้วยไดโตซานระดับต่างๆ. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง. 1(2): 223-234.

Yangthong, M., Ngamraluek, S. and Viboonkit, K. 2007. Effect of fertilizers on growth of *Gracilaria fisheri* (Xia & Abbott) Abbott, Zhang & Xia, XIXth International Seaweed Symposium March 26 -31, Kobe, Japan.

Nualcharoen, M. Nualcharoen, P.Seingkaew, J. Mayusoa, S.Johnduong, S. Chookaew, O. Jinpracha, J.Ruangchuay, R. **Yangthong, M.** Jankaew, W. Chankaew, S. Thersakul, M. and Ariyadet, C. 2008. Diversity and sustainable use development of the marine algae in Souther Coast of Thailand. Vth Asian Pacific Phycological Forum Algae in a changing world. November 10-14, Wellington, New Zealand.

Yangthong, M., Thawonsuwan, J., Hutadilok-Towatana, N. and Phromkunthong, W. 2009. Effects of hot water extracted from marine algae on scavenging activity and immunostimulatory of seabass. Phycologia. 48(4): 147.

Yangthong, M., Hutadilok-Towatana, N. and Phromkunthong, W. 2009. Antioxidant activities of four edible seaweeds from the southern coast of Thailand. Plant Foods Human Nutrient. 64(3): 218-223.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Yangthong, M., Thawonsuwan, J., Hutadilok-Towatana, N. and Phromkunthog, W. 2011. Immunostimulatory effects of hot water extract from *Sargassum* sp. in seabass. 5th National Conference on Algae and Plankton. 16-18 March 2011, BP Samila Beach Hotel, Songkhla.

Yangthong, M., Thawonsuwan, J., Hutadilok-Towatana, N. and Phromkunthog, W. 2012. Effects of the hot-water extract from *Sargassum* sp. on antibacterial activity, non-specific immunity and TBARs production in Asian Sea Bass (*Lates calcarifer*, Bloch). Kasetsart University Fisheries Research Bulletin. 36 (3): 30-42.

3.7.2 งานวิจัยที่กำลังจะทำ ---

4. ที่ปรึกษาโครงการ

4.1 ชื่อ (ภาษาไทย) นายพลศาสตร์ เลิศประเสริฐ
(ภาษาอังกฤษ) Mr.Polsart LERTPASERT

4.2 เลขหมายประจำตัวประชาชน 3 3001 00371 48 7

4.3 ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ ระดับ 7

4.4 หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้

แผนก/ภาควิชา ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ กอง/คณะ คณะวิศวกรรมศาสตร์
กรม/มหาวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ที่อยู่ 3 หมู่ 2 ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
โทรศัพท์ 02-326-4222-3
โทรสาร 02-7392398
Email: klpolsar@kmitl.ac.th

4.5 ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญาและชื่อเต็ม	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบันการศึกษา	ประเทศ
2533	ปริญญาโท	วศ.ม.วิศวกรรมศาตรมหาบัณฑิต	วิศวกรรมไฟฟ้า	อิเล็กทรอนิกส์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ไทย
2530	ปริญญาตรี	อส.บ. อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต	เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์	อิเล็กทรอนิกส์	สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ไทย

4.6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชา
วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ และการประมวลผลโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์
วิศวกรรมระบบควบคุมและอิเล็กทรอนิกส์กำลัง
วิศวกรรมคลื่นเสียง

4.7 ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ: ระบุสถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นหัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละเรื่อง

4.7.1 การบริหารงานวิจัย: ชื่อแผนงานวิจัยหรือชุดโครงการวิจัย

4.7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

4.7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว: ชื่อเรื่อง ปีที่พิมพ์การเผยแพร่และสถานภาพในการทำวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **ชื่อเรื่อง** "เครื่องต้นแบบเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจ อัตราการเต้นของหัวใจ และอัตราการหายใจ แบบแสดงผลบนจอภาพใช้ในสนาม"
  วารสาร รายงานการวิจัยห้องวิจัยอิเล็กทรอนิกส์ทางการแพทย์ ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
  ปีที่พิมพ์ 2530
  สถานภาพในการทำวิจัย ผู้ร่วมวิจัย
- **ชื่อเรื่อง** "ระบบแสดงสัญญาณจากร่างกายสำหรับห้องผู้ป่วยหนัก"
  วารสาร การประชุมวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 10 คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
  ปีที่พิมพ์ 24-25 พฤศจิกายน 2530
  สถานภาพในการทำวิจัย ผู้ร่วมวิจัย
- **ชื่อเรื่อง** "ระบบส่งคลื่นไฟฟ้าหัวใจด้วยคลื่นวิทยุ"
  วารสาร การประชุมวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้า 9 สถาบัน ครั้งที่ 11 คณะวิศวกรรมเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
  ปีที่พิมพ์ 16-17 ธันวาคม 2531
  สถานภาพในการทำวิจัย ผู้ร่วมวิจัย
- **ชื่อเรื่อง** "เครื่องวัดความดันโลหิตควบคุมโดยไมโครโปรเซสเซอร์
  วารสาร การประชุมทางวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 13 ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
  ปีที่พิมพ์ 8-9 พฤศจิกายน 2533
  สถานภาพในการทำวิจัย ผู้ร่วมวิจัย
- **ชื่อเรื่อง** "เทคนิคการวัดความต้านทานทางไฟฟ้าของร่างกาย"
  วารสาร การประชุมทางวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 14 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่
  ปีที่พิมพ์ 7-8 พฤศจิกายน 2534
  สถานภาพในการทำวิจัย ผู้ร่วมวิจัย
- **ชื่อเรื่อง** "การใช้จอ VGA ในการแสดงผลรูปสีเทียม"
  วารสาร การประชุมทางวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 15 ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
  ปีที่พิมพ์ 3-4 ธันวาคม 2535
  สถานภาพในการทำวิจัย ผู้ร่วมวิจัย
- **ชื่อเรื่อง** "เครื่องวัดสัญญาณไฟฟ้าหัวใจ 2 ช่องสัญญาณ"
  วารสาร วิศวกรรมสาร ปีที่ 46 เล่มที่ 8
  ปีที่พิมพ์ สิงหาคม 2535
  สถานภาพในการทำวิจัย ผู้ร่วมวิจัย
- **ชื่อเรื่อง** "Microprocessor base Arrhythmia Monitor Processing"
  วารสาร Asian Australia Regional Conference on Biomedical Electronics 1994, Institute Technology Bandung, INDONESIA
  ปีที่พิมพ์ 27-29 April 1994
  สถานภาพในการทำวิจัย ผู้ร่วมวิจัย

4.7.4 งานวิจัยที่กำลังจะทำ: ชื่อเรื่องและสถานภาพในการทำวิจัย

- **ชื่อเรื่อง** "การสร้างต้นแบบแขนกลโดยใช้เส้นใยไฟเบอร์"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานภาพในการทำวิจัย ที่ปรึกษาโครงการ

- **ชื่อเรื่อง** "การควบคุมแขนกลแบบป้อนกลับทางลบ"
  สถานภาพในการทำวิจัย ที่ปรึกษาโครงการ
- **ชื่อเรื่อง** "เครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ UHF"
  สถานภาพในการทำวิจัย ที่ปรึกษาโครงการ
- **ชื่อเรื่อง** "การควบคุมหุ่นยนต์อัตโนมัติ"
  สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้ากลุ่มวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

T142879

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้