

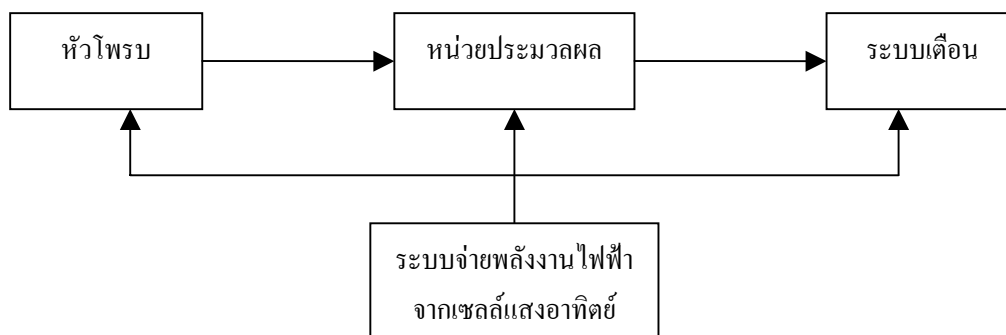
อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. หัวโพรบวัดออกซิเจน (Oxygen sensor)
2. ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 และการเขียนโปรแกรม
3. แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (PCB) ที่ออกแบบใช้งาน
4. สเต็ปป์มอเตอร์ (Stepping Motor)
5. ชุดระบบเครื่องกลพร้อมท่อนลายนํ้า
6. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ 17 V 80 W
7. อุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่ (Battery charge controller)
8. แบตเตอรี่ 12 V 65 Ah
9. เครื่องคอมพิวเตอร์ 1 ชุด

วิธีการ

งานวิจัยนี้เป็นการนำอุปกรณ์ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์มาช่วยในการเกษตร โดยจะทำการออกแบบให้อุปกรณ์สามารถใช้งานได้จริงและต้องทนกับสภาพแวดล้อมจริงได้ ซึ่งจะมีทั้งความร้อนลม, ฝน, ฝุ่นละออง ฉะนั้น อุปกรณ์ทุกชิ้นจึงต้องสามารถใช้งานได้ดี ไม่ชำรุดเสียหายง่าย การออกแบบระบบเตือนภัยการขาดออกซิเจนที่ละลายในน้ำโดยใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ (Dissolved Oxygen Warning System Powered by Solar Cells) จะมีโครงสร้างหลัก ๆ ดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 ไลออะแกรมของระบบ

จากรูปที่ 11 ส่วนประกอบหลักแบ่งเป็น 4 ส่วนคือ ส่วนที่หนึ่ง หัวโพรบ (DO sensor) เป็นส่วนที่จะทำการแปลงค่าของออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen) ไปเป็นแรงดันไฟฟ้า ส่วนที่สอง หน่วยประมวลผลเป็นส่วนที่นำค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากหัวโพรบมาแปลงค่าโดยใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ประมวลผลแล้วแสดงค่าออกมาซึ่งส่วนนี้จะมีส่วนประกอบย่อย ๆ อีก ส่วนที่สาม ระบบเตือนส่วนนี้จะประกอบด้วยเสียงและแสง โดยจะรับสัญญาณมาจาก ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เมื่อออกซิเจนในน้ำลดลงต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้ และส่วนสุดท้ายระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ โดยจะนำพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จ่ายให้กับระบบทั้งหมด

1. การออกแบบระบบเตือนภัยการขาดออกซิเจนที่ละลายในน้ำโดยใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์

การออกแบบระบบนี้จะแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่หนึ่ง การเปรียบเทียบค่าระหว่างแรงดันไฟฟ้าจากหัวโพรบ (DO sensor) กับค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ขั้นตอนที่สอง การออกแบบและสร้างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ขั้นตอนที่สามการออกแบบและสร้างระบบกล (ฮาร์ดแวร์) ขั้นตอนที่สี่การออกแบบระบบพลังงานไฟฟ้า (เซลล์แสงอาทิตย์) 4 ซึ่งขั้นตอนทั้งหมดมีรายละเอียดดังนี้

1.1 การเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้าจากหัวโพรบกับค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ งานวิจัยในส่วนนี้จะเป็นการทดลองวัดค่าออกซิเจนละลายในน้ำ ทั้งวิธีการวัดค่าด้วยโพรบ และการไตเตรท ทางเคมีแล้วทำการหาค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากหัวโพรบ (Oxygen Sensor) ชนิดอิเล็กโทรดที่ค่าต่าง ๆ ของออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) ซึ่งมี 3 ขั้นตอนดังนี้

1.1.1 การวัดปริมาณออกซิเจนโดยกรรมวิธีการทางเคมี (Azide Modification of Iodometric Method) การหาค่าปริมาณออกซิเจนวิธีนี้ จะต้องทำการเตรียมสารเคมีก่อนเพื่อจะทำการไตเตรทดังนี้

ก. สารละลายแมงกานีสซัลเฟต (manganese sulfate solution) ละลายแมงกานีสซัลเฟตเตตราไฮเดรต ($MnSO_4 \cdot H_2O$) 364 กรัม ในน้ำกลั่นให้ได้ 1000 ลบ.ซม.

ข. อลคาลิ-ไอโอไดด์-เอไซด์ รีเจนต์ (alkali-iodide-azide reagent) ทำได้ โดยละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 500 กรัม และโซเดียมไอโอไดด์ (NaI) 135 กรัม ในน้ำกลั่นแล้ว เจือจางเป็น 1000 ลบ.ซม. หลังจากนั้นเติมโซเดียมเอไซด์ (NaN_3) 10 กรัม ซึ่งละลายในน้ำกลั่น จำนวน 40 ลบ.ซม. ก่อนที่จะใช้เติมลงในสารละลายที่เตรียมไว้ข้างต้น สารละลายนี้ไม่ควรเกิดสี กับน้ำแข็ง เมื่อทำให้เป็นกรดหรือทำให้เจือจาง

ค. กรดซัลฟิวริกเข้มข้นซึ่ง 1 ลบ.ซม. จะสมมูลกับ 3 ลบ.ซม. ของอลคาลิ ไอโอไดด์เอไซด์รีเจนต์

ง. น้ำแป้ง ละลายแป้ง (soluble starch) 2 กรัม ในน้ำกลั่นที่ร้อนปริมาณ 100 ลบ.ซม. และเติมกรดซาลิไซลิก (salicylic acid) 0.2 กรัม เพื่อให้เก็บได้นาน

จ. สารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต 0.025 โมล/ลบ.คม ทำได้ โดยเตรียมสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตความเข้มข้น 4 เท่าก่อน โดยละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 24.82 กรัมในน้ำกลั่น เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 6 โมล/ลบ.คม. จำนวน 6 ลบ.ซม.

ฉ. สารละลายมาตรฐานไบโอไอไดต์ 0.0021 โมล/ลบ.คม. ละลาย $\text{KH}(\text{IO}_3)_2$ 812.4 มก. ในน้ำกลั่น แล้วทำให้เจือจางเป็น 1000 ลบ.ซม.

ช. สารละลายโพแทสเซียมฟลูออไรด์ (potassium fluoride solution) สารละลาย โพแทสเซียมฟลูออไรด์ไดไฮเดรต ($\text{KF} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 40 กรัมในน้ำกลั่นแล้วทำให้เจือจางเป็น 100 ลบ.ซม. สารละลายนี้ใช้ต่อเมื่อตัวอย่างน้ำมีไอออน Fe (III) มาก (เท่ากับหรือมากกว่า 5 มก./ลบ.คม. เกลือเพอร์ริกไอออน)

1.1.2 การหาความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต (Sodium thiosulphate) การหาค่าออกซิเจนละลายจากตัวอย่าง น้ำซึ่งเก็บไว้ในขวดบีโอดีขนาด 300 ลบ.ซม. ทำดังต่อไปนี้

ก. เติมสารละลายแมงกานีสซัลเฟต 1 ลบ.ซม. และอัลคาไล-ไฮโดรอกไซด์-ไฮดรอกไซด์รีเจนต์ 1 ลบ.ซม. ลงในขวดบีโอดีที่ใส่ตัวอย่างน้ำ โดยให้ปลายปิเปตต์และอยู่ข้างปากขวดเหนือผิวของตัวอย่างน้ำเพียงเล็กน้อย (ถ้าปิเปตต์จุ่มลงในตัวอย่างน้ำหรือเปื้อนตัวอย่างน้ำให้ล้างปลายปิเปตต์ที่จุ่มด้วยน้ำกลั่นเสียก่อน หรือทำการเปลี่ยนปิเปตต์ใหม่) ปิดจุกขวดระวังอย่าให้มีฟองอากาศผสมให้เข้ากัน โดยคว่ำขวดขึ้นลงอย่างน้อย 15 ครั้ง

ข. ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนจนได้ปริมาณน้ำใส $\frac{1}{2}$ ขวด

ค. เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1.0 ลบ.ซม. โดยให้กรดค่อยๆ ไหลลงไปข้าง ๆ คอขวดปิดจุกผสมให้เข้ากัน โดยคว่ำขวดขึ้นลงจนกระทั่งตะกอนละลายหมด

ง. ถ้าใช้ขวดบีโอดีที่มีความจุขนาด 300 ลบ.ซม. จะใช้ตัวอย่างน้ำจากขวดในข้อ 3 เท่ากับ 201 ลบ.ซม. เพื่อนำไปไตเตรท ปริมาตรตัวอย่างนี้มีค่าเท่ากับปริมาตรตัวอย่างน้ำเริ่มต้น 200 ลบ.ซม. เนื่องจากมีการสูญเสียตัวอย่างน้ำจากขวดบีโอดีโดยการแทนที่ของสารละลายเคมีที่เติมลงไปทั้งสิ้น 2 ลบ.ซม. ดังนั้นปริมาตรตัวอย่างซึ่งใช้ในการไตเตรทจึงควรเท่ากับ

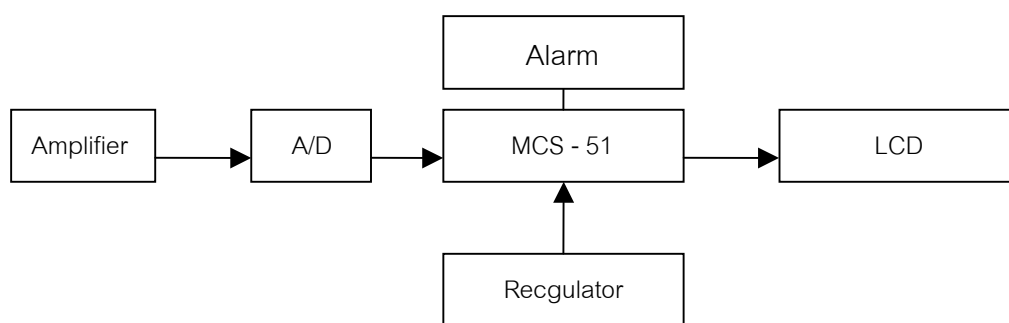
$$(200 \times 300) / (300 - 2) = 201 \text{ ลบ.ซม.}$$

จ. ไตเตรทกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต 0.025 โมล/ลบ.ดม. จนกระทั่งสารละลายมีสีเหลืองอ่อน เติมน้ำแข็ง 2-3 หยดจะได้สีน้ำเงินเข้มไตเตรทต่อไปจนกระทั่งสีน้ำเงินจางหายไป อ่านปริมาตรของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต ที่ใช้ ซึ่งค่าที่อ่านได้คือปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่น้ำ หรือ ค่า D.O. นั้นเอง

1.1.3 การอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ เมื่อได้ค่าที่ออกซิเจนต่าง ๆ ก็นำ Voltage Meter (ซึ่งมีค่าความผิดพลาดต่ำกว่า 0.15% accuracy) มาวัดค่าแรงดันไฟฟ้าในสารละลายตัวอย่างต่าง ๆ ที่ทราบค่า D.O. ก็จะได้ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ออกซิเจนต่าง ๆ แล้วนำค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดจากแต่ละช่วงค่ามาหาค่าเฉลี่ยเพื่อนำแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยไปเขียนโปรแกรมให้กับ MCS-51 ซึ่งได้ผลดัง ตารางภาคผนวก ก

1.2 การออกแบบและสร้างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ การออกแบบและสร้างในส่วนนี้จะเป็นการทำในส่วนที่เป็นอิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมดของระบบและรวมไปถึงการเขียนโปรแกรมสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์

1.2.1 การออกแบบวงจร (Circuit design) งานวิจัยนี้ได้ออกแบบวงจรเป็นส่วน ๆ โดยแยกเป็น 6 ส่วนด้วยกันตามภาพที่ 12 โดยที่แต่ละส่วนจะออกแบบแยกกันก่อนแล้วจึงค่อยนำมารวมกันในขั้นตอนสร้างแผ่นวงจร PCB



ภาพที่ 12 ไลออะแกรมระบบอิเล็กทรอนิกส์

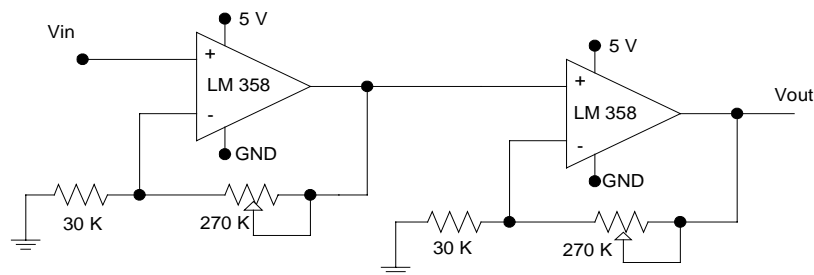
ก. วงจรขยายสัญญาณ (Amplifier) วงจรนี้จะขยายสัญญาณซึ่งได้จากหัวโพรบซึ่งมีค่าต่ำมากให้สูงขึ้นก่อนที่จะส่งผ่านไปยังวงจร A/D วงจรขยายนี้ ใช้ IC OpAmp เบอร์ LM 358 ต่อเป็น Noninverting ให้มี Gain ขยาย 10 เท่า แต่ต่อเป็น 2 วงจร ให้ขยายวงจร ละ 10 เท่า วงจรขยาย Noninverting amplifier คำนวณได้ตามสมการ (พจนานฎ, 2546)

$$\text{จากสมการ} \quad V_o = V_{in} \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \quad (11)$$

$$\text{โดย} \quad R_1 = 270K\Omega, R_2 = 30K\Omega$$

$$\text{Gain} = \frac{V_o}{V_{in}} = 10 \text{ เท่า}$$

เมื่อได้ค่า Gain ของสัญญาณที่ต้องการขยายแล้วก็จะทำการออกแบบวงจรขยายสัญญาณจะได้วงจรขยายสัญญาณดังภาพที่ 13 โดยทั่วไปวงจร Noninverting amplifier จะให้ Z_{in} สูงและ Z_o ต่ำ



ภาพที่ 13 วงจรขยายสัญญาณ Noninverting amplifier

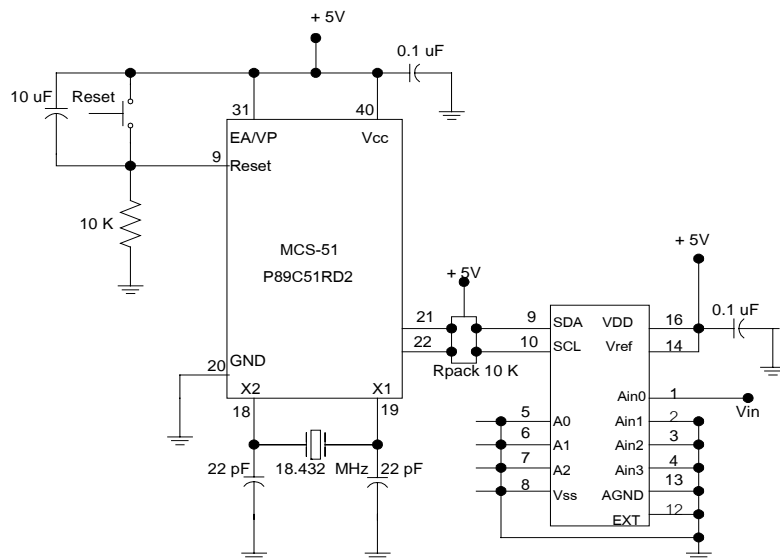
ข. วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล (A/D) การแปลงรหัสสัญญาณ A/D จะใช้การแปลงแบบซิกเซสทีฟแอปพร็อกซิเมชันขนาด 8 บิตจะมีค่าของระดับสัญญาณ 256 ระดับ ซึ่งใช้กับไอซีเบอร์ PCF8591 ในการกำหนดค่าให้กับไอซี PCF8591 จะกำหนดค่าตั้งแต่ 0 – 255 ระดับ โดยนำค่าที่ได้จากการไตเตรทน้ำตัวอย่าง เมื่อได้แรงดันไฟฟ้าจากหัวโพรบที่ค่าออกซิเจนต่าง ๆ เมื่อนำสัญญาณมาขยายโดยวงจรขยาย แล้วก็ทำการคำนวณหาค่าช่วงระดับสัญญาณแต่ละช่วงดังตารางที่ 8 ตัวอย่างเช่น ที่ค่าออกซิเจนที่ 2 mg/l ได้แรงดันที่ขยายสัญญาณคือ 1.02 V เมื่อคำนวณแล้วจะได้ ช่วงระดับสัญญาณที่ 52 ก็นำช่วงระดับสัญญาณที่ 52 ไปเขียนโปรแกรมให้กับ MCS-51

ตารางที่ 8 การกำหนดช่วงระดับสัญญาณของออกซิเจน

ค่า DO (mg/l)	ค่าแรงดัน (mV) (การเปรียบเทียบ)	ค่าแรงดัน (V) (จากวงจรขยาย)	ช่วงระดับ
1	4.6	0.46	24
2	10.20	1.020	52
3	16.66	1.666	85
4	20.42	2.042	104
5	25.50	2.550	131
6	31.47	3.147	161
7	36.13	3.613	185
8	39.66	3.966	203
9	43.75	4.375	224
10	48.80	4.880	250

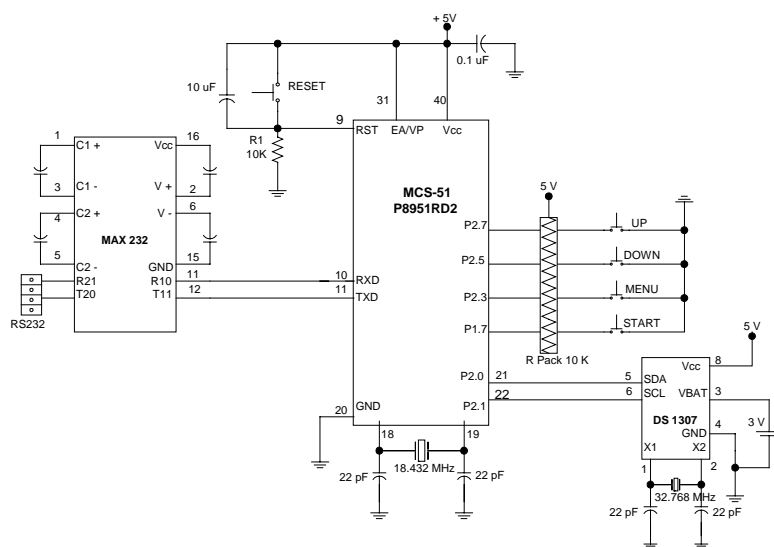
$$\begin{aligned}
 \text{วิธีทำ} \quad & \text{แรงดันอ้างอิง } 5 \text{ V} = 256 \text{ ระดับ} \\
 & \text{ช่วง 1 ระดับ} = 0.01953125 \text{ V} \\
 & \text{ช่วงระดับสัญญาณ} = \frac{X}{0.01953125} \\
 & X: \text{ค่าแรงดันจากวงจรขยาย}
 \end{aligned}$$

เมื่อกำหนดระดับค่าช่วงระดับสัญญาณของการแปลงเป็น A/D เพื่อใช้เขียนโปรแกรมให้กับ MCS-51 โดยใช้ไอซี A/D เบอร์ PCF8591 ต่อวงจรตามภาพที่ 14 โดยสัญญาณที่ได้จากการแปลงรหัสจากแอนะล็อกเป็นดิจิตอลนั้นจะถูกส่งเป็นแบบอนุกรม (series) 8 บิต ผ่านไปทางสายสัญญาณ SDA ในการต่อวงจรนี้ถ้าใช้สัญญาณนาฬิกาในตัว PCF8591 ควรต่อขา EXT ลง GND ด้วยเพราะถ้าไม่ต่อลง GND จะทำให้การ Sampling สัญญาณผิดพลาดได้



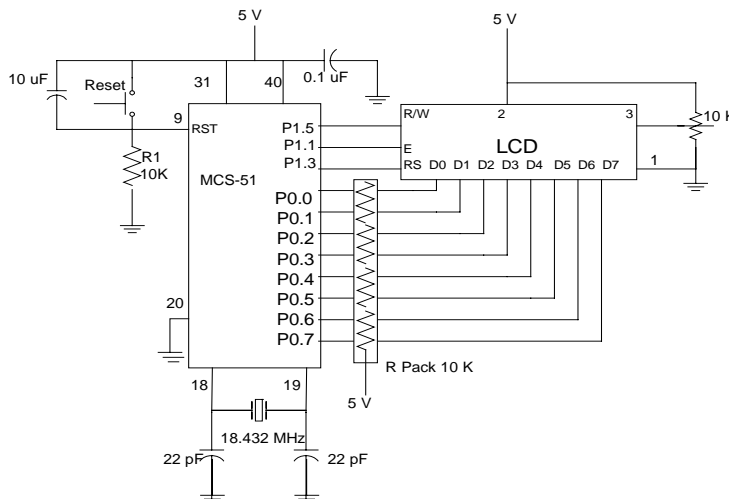
ภาพที่ 14 วงจรแปลงรหัสสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล

ค. การออกแบบไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ P89C51RD2 ซึ่งมีหน่วยความจำเป็นแบบแฟลช (flash memory) ในการเชื่อมต่อกับพอร์ตอนุกรม (RS232) ของคอมพิวเตอร์เพื่อเขียนโปรแกรมต้องต่อไอซีไครเวอ์ เบอร์ MAX232 เพื่อให้การรับส่งข้อมูลกับพอร์ตอนุกรมอยู่ในระดับแรงดันที่ที่แอลทีเหมือนกันโดยใช้สายสัญญาณ RXD และ TXD ดังภาพที่ 15



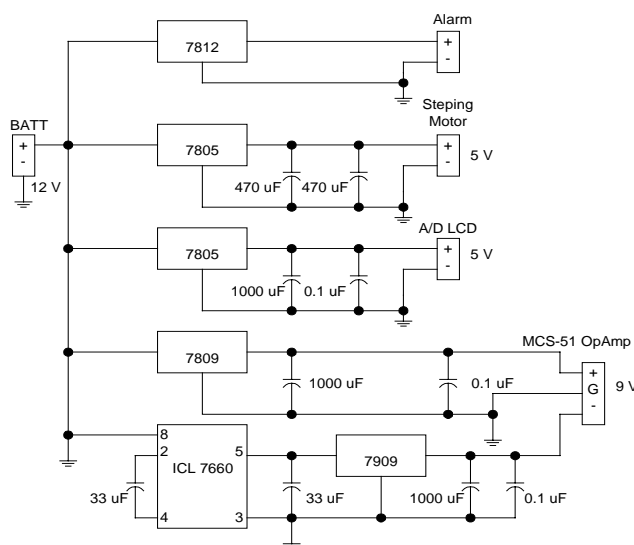
ภาพที่ 15 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

ง. การออกแบบจอแสดงผล LCD จะใช้ LCD แบบ 20 ตัวอักษร 2 บรรทัด แบบ 16 ขา โดยต่อขาที่ 7 – 14 (D0-D7) ซึ่งเป็นขาข้อมูล (Data) จะต่อเข้ากับ P0.0-P0.7 ตามลำดับ ดังภาพที่ 16



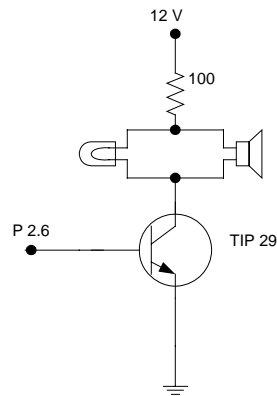
ภาพที่ 16 วงจร LCD

จ. การออกแบบวงจรจ่ายไฟฟ้า (Regulator) ในงานวิจัยนี้แหล่งจ่ายไฟฟ้าให้ระบบนั้นจะมาจากแบตเตอรี่ทำการออกแบบและสร้างแหล่งจ่าย 3 ชุด โดยจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับ Stepping Motor, MCS-51, OpAmp ซึ่งจำเป็นต้องใช้กระแสไฟฟ้าที่ค่อนข้างคงที่ ดังภาพที่ 17



ภาพที่ 17 วงจรจ่ายไฟฟ้า

จ. ระบบสัญญาณเตือน (Alarm Unit) ในส่วนของสัญญาณเตือนนี้จะใช้ อุปกรณ์ก็คือเสียงจากไซเรนและแสงจาก LED หลายตัวต่อรวมกัน โดยต่อเข้ากับขา P2.6 ของ MCS-51 ดังภาพที่ 18 นอกจากนี้ยังสามารถประยุกต์ ใช้อุปกรณ์ชนิดอื่นที่มาต่อแทนไซเรนและแสงจาก LED ได้



ภาพที่ 18 วงจรระบบสัญญาณเตือนภัย

เมื่อทำการออกแบบวงจรทั้งหมดเสร็จสิ้นแล้ว ก็ทำการออกแบบลายทองแดงของวงจรเพื่อนำไปสร้างแผ่นวงจร PCB โดยใช้โปรแกรม Protel 99 SE ทำการออกแบบและสร้างวงจรเมื่อทำการสร้างแผ่นวงจร PCB และลงตัวอุปกรณ์ทั้งหมดพร้อมทำการทดสอบเมื่อทดสอบผ่านแล้ว ก็นำแผ่นวงจรไปประกอบใส่กล่องอุปกรณ์พร้อมกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังภาพที่ 19

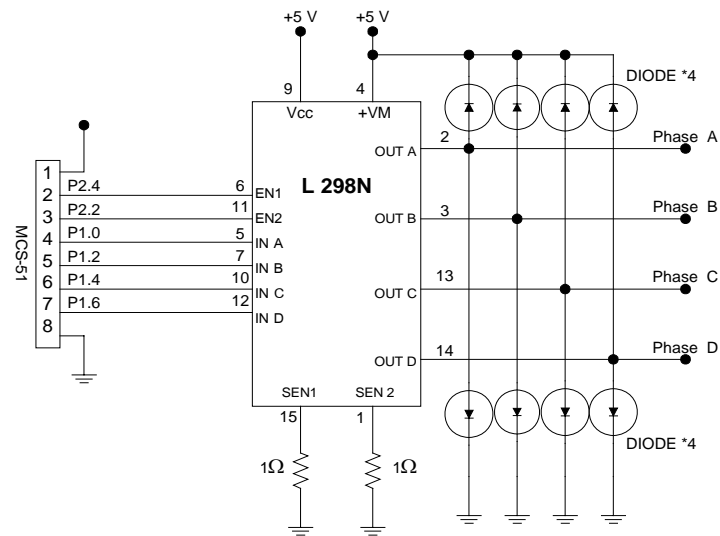


ภาพที่ 19 ระบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์

3.2.2 การเขียนโปรแกรมคำสั่ง (MCS-51) การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCS-51) นั้นต้องทำการเขียนโปรแกรมคำสั่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCS-51) ซึ่งจะเขียนเป็นภาษาซี โดยใช้โปรแกรม Keil ของ Franklin and Keil ซึ่งสามารถดาวน์โหลดได้ที่ www.Keil.com ในงานวิจัยนี้จะเขียนให้ MCS-51 มีลักษณะดังนี้ มีสวิตช์รับค่า 5 สวิตช์คือ Start, Reset, menu, up และ down โดยทำงานเป็นเครื่องวัดปริมาณออกซิเจนและเป็นเครื่องเตือนปริมาณออกซิเจนถ้าต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้ การกำหนดค่าปริมาณออกซิเจนนี้ จะใช้สวิตช์ up, down ซึ่งสามารถตั้งค่าปริมาณออกซิเจนได้ตั้งแต่ 1-9 mg/l การกำหนดค่าปริมาณออกซิเจนนี้จะสามารถทำได้ทุกช่วงเวลาของการทำงานไม่จำเป็นต้องรีเซ็ต MCS-51 การเขียนโปรแกรมให้ MCS-51 มีขั้นตอนการทำงานดังนี้

- ตั้งค่าออกซิเจนก่อนถ้าไม่ตั้งค่าออกซิเจน เครื่องจะนำค่าออกซิเจนที่ตั้งไว้ในการเขียนโปรแกรมคือ 5 mg/l มาใช้งาน แล้วกด Start เครื่องจะทำงานโดยนำหัวโพรบลงน้ำ
- เมื่อหัวโพรบลงน้ำได้ 2 นาทีจะทำการวัดปริมาณออกซิเจนแล้วแสดงผลที่จอ LCD และถ้าปริมาณออกซิเจนต่ำกว่าที่ตั้งไว้จะส่งสัญญาณไปให้ระบบเตือนภัย
- นำหัวโพรบขึ้นจากน้ำและรอเวลา 28 นาทีจึงทำการวัดรอบต่อไป
- ในการทำงานแต่ละวงรอบจะใช้เวลา 30 นาที

ในการเขียนโปรแกรมให้กับ MCS-51 จากขั้นตอนการทำงานของระบบที่กล่าวมาข้างต้นนั้น เพื่อให้ง่ายในการเขียนโปรแกรมจะต้องมีการเขียนผังงาน (Flowchart) ดังภาพที่ 20



ภาพที่ 21 วงจรขับสเต็ปป์มอเตอร์

1.3.2 สเต็ปป์มอเตอร์ (Stepping motor) และชุดเกียร์สไลด์ การเลือกสเต็ปป์มอเตอร์ ต้องทราบน้ำหนักของสิ่งของที่มอเตอร์ตัวนี้สามารถจะยกได้, กำลัง และความเร็วเชิงมุมในการหมุนของของสเต็ปป์มอเตอร์ สเต็ปป์มอเตอร์ตัวนี้มีพิกัดคือต้องจ่ายกระแสไฟฟ้า 2.0 A และแรงดันไฟฟ้า 5.0 V ซึ่งจะให้กำลังงาน 10 watt ดังภาพที่ 22 ก. ส่วนชุดเกียร์สไลด์ ดังภาพที่ 22 ข. นั้นเป็นอุปกรณ์ที่จะรับกำลังจากการหมุนของสเต็ปป์มอเตอร์เพื่อจึงดึงแกนสไลด์ซึ่งจะทำการติดตั้งหัวโพรบขึ้นและลงเพื่อทำการวัดค่าปริมาณออกซิเจน



(ก)

ภาพที่ 22 (ก) สเต็ปป์มอเตอร์ (Stepping motor) (ข) ชุดเกียร์สไลด์



(๗)

ภาพที่ 22 (ต่อ)

1.3.3 ส่วนประกอบอื่น ๆ ในการสร้างส่วนอุปกรณ์จะต้องยึดหลักในส่วนของความคงทนอุปกรณ์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้สแตนเลส เพราะทนต่อการกัดกร่อนได้ดี ส่วนประกอบอื่น ๆ ประกอบด้วยที่วางอุปกรณ์ด้านอิเล็กทรอนิกส์ สเต็ปปีงมอเตอร์และชุดเกียร์สไลด์ ดังภาพที่ 23 และอีกส่วนคือท่อนลอยและหลังคากันแดดและฝน (housing) ให้เครื่องมือดังภาพที่ 24

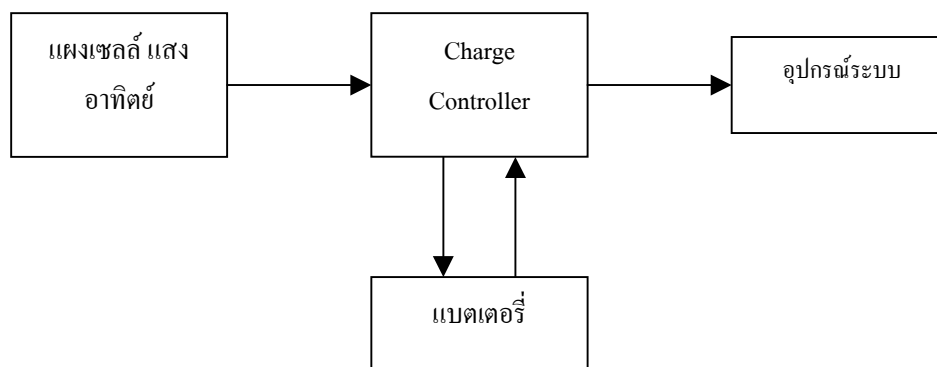


ภาพที่ 23 อุปกรณ์ที่ใช้วางเครื่องมือวัด



ภาพที่ 24 อุปกรณ์กล และhousing เสร็จสมบูรณ์

1.4 การออกแบบระบบจ่ายไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ตรวจสอบกำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่จะติดตั้ง เราควรพิจารณาว่าจะใช้เซลล์แสงอาทิตย์สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ Stepping Motor, MCS-51 และสัญญาณเตือนว่าต้องการพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดเท่าไร โดยมีส่วนประกอบต่าง ๆ ดังภาพที่ 25



ภาพที่ 25 ไลอะแกรมระบบจ่ายไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

1.4.1 การออกแบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ในการออกแบบนั้นจำเป็นต้องคิดค่ากำลังไฟฟ้าที่อุปกรณ์ทั้งระบบที่ใช้งาน โดยคิดเวลาที่ใช้งานจริงของอุปกรณ์แต่ละตัวเพราะบางตัวทำงานไม่ได้ทำงานตลอดเวลา ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ตารางภาระทางไฟฟ้า

เครื่องใช้ไฟฟ้า	จำนวน	กำลังไฟฟ้าต่อชิ้น	จำนวนชั่วโมงที่ใช้	Wh/day
	(1)	(วัตต์) (2)	งานในหนึ่งวัน (3)	(1) x (2) x (3)
บอร์ดควบคุมการทำงาน	1	6	24	144
STEPPING MOTOR	1	10	1.6	16
	รวม			160

คำนวณกำลังไฟฟ้าจากสมการ (คูสิต, 2542)

ในหนึ่งวันระบบนี้ใช้ไฟฟ้า วัตต์-ชั่วโมง กำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่
ควรติดตั้ง (P_{cell})

$$P_{cell} = \frac{PL}{Q \times A \times B \times C/D} \quad (12)$$

โดยที่

PL : ความต้องการไฟฟ้าในหนึ่งวัน

Q : พลังงานแสงอาทิตย์ในหนึ่งวัน (Wh/m^2) สำหรับประเทศไทยเท่ากับ $4,000 \text{ Wh/m}^2$

A : ค่าชดเชยการสูญเสียของเซลล์ โดยทั่วไปกำหนดค่าประมาณ 0.8

B : ค่าชดเชยการสูญเสียเชิงความร้อน โดยทั่วไปกำหนดค่าประมาณ 0.85

C : ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์ โดยทั่วไปกำหนดค่าประมาณ 0.85-0.9
(ค่านี้จะถูกตัดออกไปเนื่องจากในอุปกรณ์จะใช้แต่เพียงกระแสตรง)

D : ความเข้มแสงปกติ = $1,000 \text{ W/m}^2$

ฉะนั้นอุปกรณ์ตัวนี้ต้องใช้เซลล์แสงอาทิตย์ให้กำลังไฟฟ้า

$$P_{cell} = 160 / (4,000 \times 0.8 \times 0.85 / 1,000) = 59 \text{ W/h}$$

แผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นอุปกรณ์ที่มีอยู่นั้นมีด้วยกันหลายขนาด อันได้แก่ 50 W, 80 W และ 120 W ซึ่งอุปกรณ์ตัวนี้จะมีอายุการใช้งานประมาณ 25 ปี ในงานวิจัยนี้เพื่อให้มีกำลังไฟฟ้าเพียงพอจึงเลือกแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 80 วัตต์ ซึ่งเป็นชนิด คริสตัลไลน์ซิลิคอน (Crystalline Silicon) ดังภาพที่ 26 ซึ่งให้แรงดันไฟฟ้ามาตรฐาน 12 โวลต์ แรงดันที่สภาวะปกติคือ 17 โวลต์ และให้กระแสไฟฟ้าสูงสุด 4.58 แอมป์ (มีกระแสไฟฟ้าลัดวงจร และแรงดันเปิดวงจร คือ 4.85 แอมป์ และ 21.8 โวลต์ ตามลำดับ) จำนวน 1 แผง

จากตารางที่ 9 มีการใช้กำลังไฟฟ้าจากโหลดทั้งสิ้น คือ 160 วัตต์ ในแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 80 Watt รับแสงได้เฉลี่ย วันละ 5 ชั่วโมง ซึ่งจะมีกำลังไฟฟ้า 400 Wh/day ซึ่งจะมีกำลังสะสมที่เหลือเก็บไว้ใช้ในแบตเตอรี่ได้เพียงพอ ถ้าใช้แผงพลังงานแสงอาทิตย์แค่ 50 วัตต์ ก็เพียงพอ เพราะสามารถให้กำลังไฟฟ้าแก่อุปกรณ์ได้ถึงวันละ 300 Wh/day แต่จะมีปัญหาในส่วน ของกระแส ไฟฟ้า

การคำนวณส่วนของกระแสไฟฟ้าจะคิดได้โดย ในช่วงวันหนึ่งอุปกรณ์จะมีช่วงที่ใช้กระแสสูงสุด คือ 2.5 แอมป์ (จากสเปคมอเตอร์ 2 แอมป์ และจากบอร์ดควบคุมการทำงาน 500 มิลลิแอมป์) และจะใช้กระแสรวมทั้งวันคือ $(0.5 \times 24) + (2 \times 1.6) = 15.2$ แอมป์/วัน ซึ่งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 80 วัตต์ สามารถจ่ายกระแสที่ปกติได้ที่ 4.58 แอมป์ ทำให้วันหนึ่งสามารถจ่ายกระแสได้ (เมื่อถือว่าวันหนึ่ง ๆ สามารถรับแสงอาทิตย์ได้เต็มที่ที่ 5 ชั่วโมง) คือ 22.9 แอมป์/วัน ซึ่งถือว่าเพียงพอ ซึ่งถ้าใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 50 วัตต์จะสามารถให้กระแสตามปกติได้ที่ 15 แอมป์/วัน เท่านั้น ซึ่งอาจไม่เพียงพอแต่สามารถแก้ไขได้โดยการใช้แบตเตอรี่ที่มีแอมป์สูง ๆ



ภาพที่ 26 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดคริสตัลไลน์ซิลิคอน (Crystalline Silicon)

1.4.2 อุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่ (Battery Charge Controller) อุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่ ดังภาพที่ 27 จำเป็นสำหรับระบบใช้แบตเตอรี่ต่ออยู่ระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์และแบตเตอรี่ เพื่อป้องกันแบตเตอรี่เสียหายเนื่องมาจาก Over charge และ Low voltage ของแบตเตอรี่ อุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่มีหน้าที่ คือ

- ตัดเมื่อประจุแบตเตอรี่เต็ม
- ตัดการจ่ายไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไปโหลด เมื่อแบตเตอรี่มีแรงดันไฟฟ้า (Low voltage disconnect)
- รักษาระดับแรงดันไฟฟ้าและกระตุ้นแบตเตอรี่ เพื่อยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ (Boost charge, Equalization charge, Float Charge)
- ตั้งการให้อุปกรณ์อื่นภายในระบบเริ่มและหยุดทำงาน (External equipment control)
- การจัดการ โหลดทางไฟฟ้าว่าจะให้ใช้จากแบตเตอรี่ หรือเซลล์แสงอาทิตย์ (Load management)



ภาพที่ 27 อุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่

1.4.3 แบตเตอรี่ (Battery) แบตเตอรี่จะมีหน้าที่เก็บพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์และเก็บเป็นไฟฟ้ากระแสตรง และจ่ายไฟฟ้าให้กับระบบในเวลากลางวัน หรือในช่วงเวลาที่พลังงานแสงอาทิตย์ ไม่เพียงพอ ถ้าที่ไม่มีแดดเลยหลาย ๆ วัน กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ก็จะจ่ายให้กับอุปกรณ์ ซึ่งในการวิจัยนี้ใช้แบตเตอรี่ขนาด 65 Ah ดังภาพที่ 28 สามารถสำรองไฟฟ้าให้ระบบได้ถึง 4.5 วัน



ภาพที่ 28 แบตเตอรี่พร้อมกล่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่

2. การทดสอบและการนำไปใช้งานจริง

งานวิจัยชิ้นนี้ เครื่องมือทั้งระบบต้องทำการทดสอบก่อน ตั้งแต่อยู่ในห้องปฏิบัติการก่อน เพื่อทำการตรวจสอบระบบว่าทำงานถูกต้องตามที่ต้องการหรือไม่ เช่น ความเที่ยงตรงของการวัดค่าออกซิเจน การทำงานของอุปกรณ์กล, ระบบอิเล็กทรอนิกส์ และระบบพลังงานแสงอาทิตย์ ก่อนจะนำไปใช้งานจริงซึ่งในการทดสอบและการทดลองจะมีทั้งหมด 4 ส่วน คือ การทดสอบระบบและการอ่านค่าออกซิเจน, การทดลองวัดออกซิเจนจากน้ำตัวอย่าง, การทดสอบระบบทั้งหมดในสระน้ำ และการนำไปใช้งานกับบ่อเพาะเลี้ยงกุ้งก้ามกราม

2.1 การทดสอบระบบและการอ่านค่าออกซิเจน ขั้นตอนนี้เป็น การทดสอบระบบขับเคลื่อนของสเต็ปป์มอเตอร์ก่อน ซึ่งในการทดสอบสามารถทำงานได้ตามความต้องการ คือ สเต็ปป์มอเตอร์จะหมุนชุดเกียร์สไลด์นำโพรบลงน้ำและนำหัวโพรบขึ้นจากน้ำโดยกำหนดช่วงเวลาให้ ขึ้น-ลง และอยู่นิ่งในส่วนของการอ่านค่า นั้นจะมีขั้นตอนคือ ทดลองป้อนแรงดันไฟฟ้า เพื่อจำลองแรงดันที่ได้จากหัวโพรบตามค่าต่าง ๆ ที่ใช้เขียนโปรแกรม ซึ่งผลจากการจ่ายแรงดันไฟฟ้าจำลองจะได้ผลตามตารางที่ 10

ตารางที่ 10 การทดสอบการอ่านค่า DO

แรงดันไฟฟ้า (mV)	แรงดันไฟฟ้า ที่คาดหวัง(Y_n) (V)	แรงดันไฟฟ้าวัดจาก Op Amp(X_n) (V)	ค่า DO ที่ จอแสดงผล	$e = Y_n - X_n$	% Error $\left(\frac{e}{Y_n}\right) * 100$
4.60	0.460	0.456	1	0.004	0.869
10.20	1.200	1.190	2	0.010	0.833
16.66	1.666	1.654	3	0.012	0.720
20.42	2.042	2.030	4	0.012	0.583
25.50	2.550	2.542	5	0.008	0.314
31.47	3.147	3.140	6	0.007	0.222
36.13	3.613	3.600	7	0.013	0.359
39.66	3.966	3.950	8	0.016	0.403
43.45	4.345	4.330	9	0.015	0.345
48.80	4.880	4.850	10	0.030	0.614

2.2 การทดลองการวัดค่าออกซิเจนจากน้ำตัวอย่าง การทดสอบนั้นจะทำในห้องปฏิบัติการ โดยนำน้ำตัวอย่างมาทั้งหมด 3 ตัวอย่าง คือ น้ำประปา, น้ำในคูและน้ำจากสระน้ำที่ กรมการขนส่งทางอากาศ เพื่อตรวจสอบระบบสัญญาณเตือนภัย และความแน่นอนของระบบการวัดว่าจะเสถียรหรือไม่ โดยใช้เวลาทำการวัดน้ำตัวอย่าง ๆ ละ 2 วัน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าในการวัดออกซิเจน เครื่องมือที่สร้างขึ้นมาจะมีเสถียรภาพที่ดีมาก เพราะปริมาณออกซิเจนที่วัดได้นั้นจะได้ค่าเท่าเดิม ในส่วนของระบบเตือนภัยนั้นจะทดสอบโดยการตั้งค่าออกซิเจนให้มากกว่าที่เครื่องมือที่วัดได้ เมื่อทำการวัด MCS-51 ก็จะทำการตรวจสอบค่าที่วัดได้เมื่อมีค่าน้อยกว่าค่าที่ตั้งไว้ MCS-51 ก็จะส่งสัญญาณไปให้ระบบเตือนภัย ซึ่งได้ผลตามตารางผนวกที่ ข1- ข6

2.3 การทดสอบระบบทั้งหมดในสระน้ำ ในส่วนนี้จะเป็นการทดสอบระบบทั้งหมดในสระน้ำดังภาพที่ 29 ตั้งแต่เริ่มต้นการใช้เครื่องมือร่วมกับระบบพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งสามารถทำงานได้ดี โดยทำการทดสอบ 14 วัน โดยใช้งานทั้งระบบ และบันทึกค่าออกซิเจนไว้ 7 วัน ตามตารางผนวกที่ ข7-ข12 และอีก 7 วันทดสอบระบบพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ว่าสามารถใช้งานได้ตลอดในช่วงที่ไม่มีแสงอาทิตย์ ซึ่งทำการทดสอบโดยไม่ต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้กับระบบโดยให้ระบบทั้งหมดใช้กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ และสามารถใช้งานได้เป็นเวลานาน 5 วัน

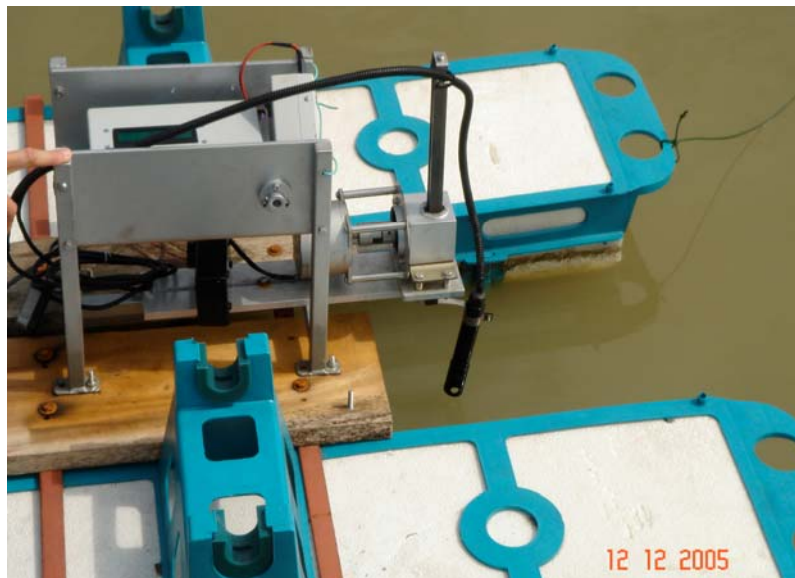


ภาพที่ 29 เครื่องมือขณะทำการวัดค่าออกซิเจน

2.4 การนำไปใช้งานกับบ่อเพาะเลี้ยงกุ้งก้ามกราม ในขั้นตอนใช้งานจริง ได้นำไปติดตั้งใช้งาน ณ. บ่อเพาะเลี้ยงกุ้งก้ามกราม อ. ดอนเจดีย์ จ. สุพรรณบุรี ดังภาพที่ 30, 31 และ 32 ซึ่งจะได้ผลตามตารางผนวกที่ ข13-ข19 การทดสอบเครื่องมือนี้ให้ผลเป็นที่น่าพอใจมากเพราะระบบสามารถทำงานได้ตามการออกแบบคือในช่วงเวลากลางคืนที่ปริมาณออกซิเจนลดลงน้อยกว่าค่าที่ตั้งไว้สัญญาณเตือนจะดัง ทำให้ผู้เลี้ยงกุ้ง ถ่ายน้ำได้ทันก่อนที่กุ้งจะลอยตัวขึ้นมาและเมื่อปริมาณออกซิเจนลดลงแต่ยังไม่ถึงค่าที่ตั้งไว้สัญญาณเตือนจะไม่ดัง ทำให้ผู้เลี้ยงนอนต่อได้ แต่ถ้าไม่มีเครื่องมือนี้ผู้เลี้ยงกุ้งต้องตื่นมาตรวจเช็คออกซิเจนทำให้ไม่ได้รับความสะดวก



ภาพที่ 30 การติดตั้งอุปกรณ์ของระบบ



ภาพที่ 31 อุปกรณ์ส่วนที่ติดตั้งในน้ำ



ภาพที่ 32 สถานที่ติดตั้งเครื่องมือบริเวณท้ายบ่อ

ในการทดสอบนี้จะเห็นชัดว่าปริมาณออกซิเจนในช่วงเวลากลางวันจะสูงกว่าเวลากลางคืนมาก ซึ่งบ่อที่มีแพลงตอนพืชและพืชน้ำมากปริมาณออกซิเจนจะเพิ่มขึ้นรวดเร็ว และจะลดลงในช่วงเวลากลางคืน ยิ่งถ้าคืนไหนมีลมพัดผ่านด้วยปริมาณออกซิเจนก็จะไม่ลดลงมาก ในการติดตั้งระบบนี้ ควรติดตั้งในบริเวณท้ายบ่อที่ปล่อยน้ำทิ้งบริเวณนี้เป็นบริเวณที่ปริมาณออกซิเจนลดลงมากที่สุด เพราะเป็นจุดที่เศษอาหารจะไหลลงมารวมกัน ทำให้แบคทีเรียใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายอินทรีย์สารมากกว่าบริเวณอื่น ๆ และเป็นจุดที่น้ำดีไหลมาถึงช้ากว่าที่อื่น และเป็นจุดที่กุ้งจะลอยตัวก่อนจุดอื่น ๆ ในบ่อเมื่อปริมาณออกซิเจนลดลงมาก ๆ