เครื่องให้อาหารปลาบ่อพันธุ์ปลานิลแบบทุ่นลอยโดยพลังงานแสงอาทิตย์

นายรัฐพล ดุลยะลา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
พ.ศ.2549

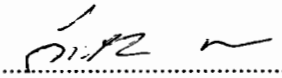
เครื่องให้อาหารปลาบ่อพันธุ์ปลานิลแบบทุ่นลอยโดยพลังงานแสงอาทิตย์

นายรัฐพล ดุลยะลา ค.อ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า)

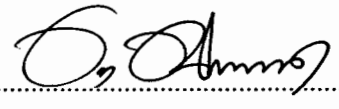
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
พ.ศ. 2549

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์
(ผศ. ดร. ณรงค์ มั่งคั่ง)



..... กรรมการ
(นอ. ดร. วีระชัย เชาว์กำเนิด)



..... กรรมการ
(ผศ. ดร. ธเนศ ธนิตย์ธีรพันธ์)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ห้องสมุด
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	เครื่องให้อาหารปลาบ่อพันธุ์ปลานิลแบบทุ่นลอยโดยพลังงานแสงอาทิตย์
หน่วยกิต	6
ผู้เขียน	นายรัฐพล ดุลยะลา
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร. ณรงค์ มั่งคั่ง
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	ครุศาสตร์ไฟฟ้า
คณะ	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
พ.ศ.	2549

บทคัดย่อ

โครงงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและออกแบบเครื่องให้อาหารปลาบ่อพันธุ์ปลานิลแบบทุ่นลอยโดยพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อเป็นการพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านการเกษตรกรรมและเพื่อทดแทนการใช้แรงงานคน โดยมีลักษณะเป็นทุ่นลอยน้ำปล่อยอาหารปลานิลแบบเม็ดลงสู่ในบ่อที่มีพื้นขนาด 200 ต.ร.ม. แบบให้อาหารอยู่กลางบ่อ แบบใช้ Real Time Clock เป็นตัวเก็บข้อมูลเวลาที่ให้อาหารเป็นช่วงเวลาโดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC16F877) เป็นตัวรับค่าและประมวลผลหลักแล้วควบคุมมอเตอร์ในชุดเปิดปิดลิ้นให้อาหาร และควบคุมการเคลื่อนตัวเครื่องเข้าฝั่งเมื่ออาหารหมด

จากผลการทดลองพบว่า ทุ่นลอยสามารถรับน้ำหนักและทรงตัวได้ดีตัวเครื่องให้อาหารปลาบ่อพันธุ์ปลานิลแบบทุ่นลอยโดยพลังงานแสงอาทิตย์สามารถปล่อยอาหารได้แต่ยังมีติดขัดที่ลิ้นเปิดปิดอาหาร

คำสำคัญ : เครื่องให้อาหารปลาบ่อพันธุ์ปลานิลแบบทุ่นลอยโดยพลังงานแสงอาทิตย์ / พลังงานแสงอาทิตย์

Thesis Title	Buoy Tilapia Nilotica Feeding Machine Using Solar Cell
Thesis Credits	6
Candidate	Mr. Rattapon Dulyala
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr.Narong Mungkung
Program	Master of Science in Industrial Education
Field of Study	Electrical Engineering
Department	Electrical Technology Education
Faculty	Industrial Education and Technology
B.E.	2549

Abstract

This research was to study and to design a buoy Tilapia nilotica feeding machine using solar cell. It would be developed as agricultural technology to replace human work. The machine was the buoy which fed Tilapia nilotica food into 200 m^2 pond. It was located at the middle of the pond using realtime clock as time data collector to periodically feed. The realtime clock had PIC 16F877 microcontroller as a main data receiver and processor. Then, it controlled motor to turn on/off food valve. It also controlled the movement of the machine to the pond edge when there was no food.

From results, it found that the buoy could withstand weight and balance well. This buoy Tilapia nilotica feeding machine using solar cell could feed but there was a problem with food valve.

Keywords: Buoy Tilapia Nilotica Feeding Machine Using Solar Cell / Solar Energy

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ก็เนื่องจากด้วยความกรุณา และการให้คำแนะนำเกี่ยวกับวิทยานิพนธ์อย่างดียิ่งจาก ผศ.ดร. ณรงค์ มั่งคั่ง ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้เสียสละเวลาอันมีค่าในการให้ข้อคิดเห็นเป็นอย่างมาก ทั้งหลักการทฤษฎีแนวคิด และให้คำปรึกษา รวมทั้งข้อปฏิบัติต่างๆ สำหรับการดำเนินการวิจัย ตลอดจนการแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนวิทยานิพนธ์เสร็จสมบูรณ์และถูกต้องที่สุด อันเป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.ธเนศ ธนิตย์ธีรพันธ์ และ นอ.ดร.วีระชัย เชาว์กำเนิด โดยท่านเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ เพื่อให้งานวิจัยมีความตรงเชิงคุณภาพมากยิ่งขึ้น ขอบคุณครูสรพงษ์ แสนกล้า ผู้เชี่ยวชาญที่กรุณาให้คำปรึกษาและช่วยเหลือในการตรวจสอบความสมบูรณ์และความถูกต้องของเนื้อหาและ คณะครูแผนกช่างไฟฟ้ากำลัง ณ วิทยาลัยการอาชีพร้อยเอ็ดทุก ๆ ท่านที่ให้ความกรุณาสละเวลา และอำนวยความสะดวกในการดำเนินการจัดทำ

สุดท้ายนี้ผู้วิจัย ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้การอุปการะส่งเสริมสนับสนุน การอบรมสั่งสอนดูแล และเกื้อหนุนในทุกๆด้านรวมถึงกลุ่มเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้ความสุขในช่วงการเล่าเรียนตลอดจนในการแก้ไขปัญหาต่างๆ จนทำให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จเรียบร้อยด้วยดี คุณค่าและประโยชน์อันใดที่พึงจะเกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญุตาแก่บิดา มารดา ตลอดจนบูรพาจารย์ของผู้วิจัยและผู้มีพระคุณทุกท่าน

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ค
กิตติกรรมประกาศ		ง
สารบัญ		จ
รายการรูปประกอบ		ช
บทที่		
1. บทนำ		**1**
1.1	ปัญหาที่นำมาสู่การวิจัย	1
1.2	วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	2
1.4	ขอบเขตของการวิจัย	2
1.5	วิธีดำเนินการวิจัย	3
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง		**4**
2.1	ทฤษฎีเกี่ยวกับปลานิล	4
2.2	ทฤษฎีเกี่ยวกับแผงเซลล์สุริยะ (Solar cell)	6
2.3	ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)	11
2.4	ทฤษฎีเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์	16
2.5	ทฤษฎีเกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	30
3. การดำเนินงานวิจัย		**32**
3.1	ส่วนประกอบทางโครงสร้างของเครื่องให้อาหารปลาบ่อพันธุ์ปลานิลแบบทุ่นลอยโดยพลังงานแสงอาทิตย์	33
3.2	ส่วนของระบบควบคุม	37
3.3	การหาปริมาณอาหารปลานิลใช้ในการปล่อย	39
3.4	ส่วนชุดเก็บประจุพลังงานจากแผงโซล่าเซลล์	39

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
4. ผลการทดลอง		**40**
4.1	ผลทดลองทางโครงสร้างทางกลแบ่งออกเป็น 3 ผลการทดลอง	40
4.2	ผลการทดลองทางการควบคุมการปล่อยอาหาร	41
4.3	ผลการทดลองการเก็บประจุพลังงานจากแผงโซล่าเซลล์	41
5. สรุปและข้อเสนอแนะ		**42**
5.1	สรุปผลการดำเนินงาน	42
5.2	ปัญหาและแนวทางการแก้ไข	42
เอกสารอ้างอิง		**44**
ประวัติผู้วิจัย		**45**

รายการรูปประกอบ

รูป		หน้า
2.1	ปลานิล	4
2.2	แผงโซล่าเซลล์แต่ละชนิด	7
2.3	หลักการทำงานของโซล่าเซลล์	8
2.4	ระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าจากแผงโซล่าเซลล์	10
2.5	กระบวนการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์	12
2.6	โครงสร้างของ 16FXXX (Flash MCUs)	13
2.7	simple counter/timer	14
2.8	input capture timer	15
2.9	Flow chart การเขียนภาษา Assembly แบบไฟล์เดียว	16
2.10	Flow chart การเขียนภาษา Assembly แบบหลายๆ ไฟล์	17
2.11	Flow chart การเขียนภาษาสูงเช่นภาษาซี, Basic ฯลฯ	18
2.12	วงจรภายในของมอเตอร์กระแสตรง	30
2.13	แสดงอินพุตและเอาต์พุตของโมเดลทางคณิตศาสตร์ของมอเตอร์	31
3.1	รูปลักษณะของเครื่องให้อาหารปลาบ่อพันธุ์ปลานิลแบบทุ่นลอยโดยพลังงานแสงอาทิตย์	32
3.2	รูปลักษณะของเครื่องให้อาหารปลาบ่อพันธุ์ปลานิลแบบทุ่นลอยโดยพลังงานแสงอาทิตย์ และแสดงอุปกรณ์ต่างๆ	33
3.3	ถังใส่อาหารปลา	34
3.4	ลิ้นปิดเปิดอาหารจากถัง	34
3.5	ชุดแท่งเกลียวดึงลิ้นปิดเปิดอาหาร	35
3.6	รางปล่อยอาหารปลา	35
3.7	มอเตอร์เกียร์ที่ใช้เลื่อนลิ้นปิดเปิด	36
3.8	ล้อพลาสติกที่ยึดติดกับแกนมอเตอร์	36
3.9	ระดับตัวถังที่จมน้ำขณะที่ยังไม่ใส่อาหาร	37
3.10	วงจรควบคุมการเปิดปิดอาหารจากถังเก็บอาหารปลาและวงจรปล่อยอาหารปลา	38
3.11	ชุดเก็บประจุพลังงานจากแผงโซล่าเซลล์	39

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ปัญหาที่นำมาสู่การวิจัย

ปลานิล Tilapia nilotica เป็นปลาน้ำจืดชนิดหนึ่งซึ่งมีคุณค่าทางเศรษฐกิจนับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2508 เป็นต้นมา สามารถเลี้ยงได้ในทุกสภาพ การเพาะเลี้ยงในระยะเวลา 8 เดือน – 1 ปี สามารถเจริญเติบโตได้ถึงขนาด 500 กรัม เนื้อปลามีรสชาติดี มีผู้นิยมบริโภคกันอย่างกว้างขวาง ขนาดปลานิลที่ตลาดต้องการจะมีน้ำหนักตัวละ 200–300 กรัม จากคุณสมบัติของปลานิลซึ่งเลี้ยงง่ายเจริญเติบโตเร็วแต่ปัจจุบันปลานิลพันธุ์แท้ค่อนข้างจะหายาก เพื่อให้ได้ปลานิลพันธุ์ดีกรมประมงจึงได้ดำเนินการ ปรับปรุงพันธุ์ปลานิลในด้านต่างๆอาทิ เจริญเติบโตเร็ว ปริมาณความดกของไข่สูง ให้ผลผลิตและมีความต้านทานโรคสูง เป็นต้น ดังนั้นผู้เลี้ยงปลานิลจะได้มีความมั่นใจในการเลี้ยงปลานิล เพื่อเพิ่มผลผลิตสัตว์น้ำให้เพียงพอต่อการบริโภคต่อไป [2]

ในการเตรียมบ่อเลี้ยงควรเป็นบ่อรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีเนื้อที่ตั้งแต่ 200 ตารางเมตร สามารถเก็บกักน้ำได้สูง 1 เมตร บ่อควรมีเชิงลาดตามความเหมาะสม เพื่อป้องกันดินพังทลาย และมีชานบ่อกว้าง 1 – 2 เมตร โรยปูนขาวให้ทั่วบ่อ 1 กก. /พื้นที่บ่อ 10 ตรม. ใส่ปุ๋ยคอกแห้ง 300 ก.ก./ไร่ ตากบ่อทิ้งไว้ประมาณ 2 – 3 วัน จึงเปิดหรือสูบน้ำเข้าบ่อผ่านผ้ากรองหรือตะแกรงตาถี่ให้มีระดับสูงประมาณ 1 เมตร การใช้บ่อดินเพาะปลานิล จะมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีอื่น เพราะเป็นบ่อที่มีลักษณะคล้ายคลึงตามธรรมชาติ และการผลิตลูกปลานิลจากบ่อดินจะได้ผลผลิตสูงและต่ำกว่าต้นทุนกว่าวิธีอื่น [1]

ปลานิลเป็นปลากินพืชหรือกินอาหารธรรมชาติพวกแพลนค์ตอนในน้ำเพียงอย่างเดียวก็เติบโตได้ แต่ปริมาณอาหารพวกนี้ในบ่ออาจไม่เพียงพอ ทำให้ปลาโตช้า ดังนั้นจึงต้องช่วยเพิ่มปริมาณอาหารในบ่อให้มากขึ้นอยู่เสมอ โดยการใส่หัวอาหารเพื่อให้ปลาเจริญเติบโตได้เร็วขึ้นทันต่อการจับจำหน่ายให้แก่ผู้บริโภค [2]

แต่เนื่องจากสภาวะปัจจุบันราคาน้ำมันของตลาดโลกที่สูงขึ้น ส่งผลให้ราคาสินค้าโดยรวมทั้งต้นทุนในการซื้อหัวอาหารและแรงงานที่ดูแลบ่อปลาให้อาหารปลานั้นมีราคาที่สูงขึ้น และการให้หัวอาหารนั้นต้องให้เป็นเวลาและการให้อาหารต้องให้ในจำนวนที่พอเหมาะกับน้ำหนักของปลาซึ่งในบางครั้งผู้ดูแลในการให้อาหารก็ให้อาหารมากบ้างน้อยบ้างทำให้ปลาให้ผลผลิตได้ไม่เต็มที่ไม่ทันต่อการจำหน่าย

จากความสำคัญของปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้สร้าง “เครื่องให้อาหารปลาบ่อพันธุ์ปลานิลแบบทุ่นลอยโดยพลังงานแสงอาทิตย์” ในการลดต้นทุนส่วนต่างๆของเกษตรกร

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

วัตถุประสงค์ของโครงงานวิจัยต่อไปนี้

1.2.1 เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องให้อาหารปลาบ่อพันธุ์ปลานิลแบบทุ่นลอยโดยพลังงานแสงอาทิตย์

1.2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องให้อาหารปลาบ่อพันธุ์ปลานิลแบบทุ่นลอยโดยพลังงานแสงอาทิตย์

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงานวิจัยในครั้งนี้มีดังนี้

1.3.1 ได้ต้นแบบของเครื่องให้อาหารปลาบ่อพันธุ์ปลานิลแบบทุ่นลอยโดยพลังงานแสงอาทิตย์

1.3.2 ลดต้นทุนการเพาะเลี้ยงพันธุ์ปลานิล

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการวิจัยไว้ดังนี้ คือ

1.4.1 ใช้ให้อาหารปลากับปลาพันธุ์ปลานิล

1.4.2 ใช้กับบ่อดินขนาด 20 × 10 เมตร

1.4.3 ควบคุมการทำงานด้วยระบบไมโครโปรเซสเซอร์ตระกูล PIC

1.4.4 แหล่งพลังงานได้จากเซลล์แสงอาทิตย์

1.5 วิธีดำเนินการวิจัย

ในโครงงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้มีวิธีดำเนินโครงงานวิจัยไว้ดังนี้ คือ

1.5.1 ศึกษาวิธีการเลี้ยงปลาบ่อพันธุ์ปลานิลตลอดจนข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.5.2 รวบรวมข้อมูลทั้งหมดวางแนวคิดและจัดระบบวิธีคิดเป็นส่วนๆออกแบบคร่าวๆ ของเครื่องให้อาหารปลาบ่อพันธุ์ปลานิลแบบทุ่นลอยโดยพลังงานแสงอาทิตย์

1.5.3 ออกแบบโครงสร้างของเครื่องให้อาหารปลาบ่อพันธุ์ปลานิลแบบทุ่นลอยโดยพลังงานแสงอาทิตย์

1.5.4 สร้างโครงสร้างระบบกลไกการให้อาหารปลานิล วงจรควบคุมการทำงานและชุดเก็บประจุพลังงานจากแผงโซล่าเซลล์ของเครื่องให้อาหารปลาบ่อพันธุ์ปลานิลแบบทุ่นลอยโดยพลังงานแสงอาทิตย์โดยเขียนแบบในโปรแกรม Proteus 6 Professional

1.5.5 ทดสอบระบบการทำงานของโครงสร้างกลไกของเครื่อง วงจรควบคุมและชุดเก็บประจุพลังงานจากแผงโซล่าเซลล์ของเครื่องให้อาหารปลาบ่อพันธุ์ปลานิลแบบทุ่นลอยโดยพลังงานแสงอาทิตย์

1.5.6 หาจุดบกพร่องในระบบการทำงานแล้วทำการแก้ไขปรับปรุงข้อผิดพลาด ในการทำงานของเครื่องให้อาหารปลาบ่อพันธุ์ปลานิลแบบทุ่นลอยโดยพลังงานแสงอาทิตย์ให้เรียบร้อยก่อนทำการทดลองบันทึกค่า

1.5.7 ทดลองเก็บค่าบันทึกผลโดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ

- บันทึกผลจากการออกแบบโครงสร้าง
- บันทึกผลจากการออกแบบระบบควบคุมและชุดเก็บประจุพลังงานจาก แผงโซล่าเซลล์
- บันทึกผลการให้อาหารปลา

1.5.8 สรุปผลและเสนอแนะผลการดำเนินงาน

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

จากการค้นคว้าข้อมูลต่างๆ เพื่อจัดทำเครื่องให้อาหารปลาบ่อพันธุ์ปลานิลแบบทุ่นลอยโดยพลังงานแสงอาทิตย์มีทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับปลานิล

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับแผงเซลล์สุริยะ (Solar cell)

2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์

2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์

2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับปลานิล

รูปที่ 2.1 ปลานิล

ปลานิล Oreochromis nilotica เป็นปลาน้ำจืดชนิดหนึ่งซึ่งมีคุณค่าทางเศรษฐกิจนับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2508 เป็นต้นมา สามารถเลี้ยงได้ในทุกสภาพ การเพาะเลี้ยงในระยะเวลา 8 เดือน – 1 ปี สามารถเจริญเติบโตได้ถึงขนาด 500 กรัม ขนาดปลานิลที่ตลาดต้องการจะมีน้ำหนักตัวละ 200 – 300 กรัม จากคุณสมบัติของปลานิลซึ่งเลี้ยงง่ายเจริญเติบโตเร็ว[2]

2.1.1 ลักษณะทั่วไป

ปลานิลเป็นปลาน้ำจืดชนิดหนึ่ง อยู่ในตระกูลซิคลิดี (Cichlidae) มีถิ่นกำเนิดเดิมอยู่ทวีปแอฟริกา พบทั่วไปตามหนอง บึง และทะเลสาบ ในประเทศซูดาน ยูกันดา แทนแกนยีกา โดยที่ปลานิลชนิดนี้เจริญเติบโตเร็วและเลี้ยงง่าย เหมาะสมที่จะนำมาเพาะเลี้ยงในบ่อได้เป็นอย่างดี จึงได้รับความนิยมและเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายในภาคพื้นเอเชีย รูปร่างลักษณะของปลานิลคล้ายกับปลาหมอเทศ แต่ลักษณะพิเศษของปลานิลมีดังนี้คือ ริมฝีปากบนและร่างเสมอกัน ที่บริเวณแก้มมีเกล็ด 4 แถว ตามลำตัวมีลายพาดขวางจำนวน 9 – 10 แถบ นอกจากนั้นลักษณะทั่วไปมีดังนี้ ครีบหลังมีเพียง 1 ครีบ ประกอบด้วยก้านครีบแข็งและก้านครีบอ่อนเป็นจำนวนมาก ครีบก้นประกอบด้วยก้านครีบแข็งและอ่อนเช่นกัน มีเกล็ดตามแนวเส้นข้างตัว 33 เกล็ด ลำตัวมีสีเขียวปนน้ำตาล ตรงกลางเกล็ดมีสีเข้ม ที่กระดูกแก้มมีจุดสีเข้มอยู่จุดหนึ่งบริเวณส่วนอ่อนของครีบหลัง ครีบก้น และครีบหางนั้นจะมีจุดสีขาวและสีดำตัดขวางแลดูคล้ายลายข้าวตรอกอยู่โดยทั่วไป[1]

2.1.2 การสืบพันธุ์

การผสมพันธุ์และวางไข่ ปลานิลสามารถผสมพันธุ์ได้ตลอดปีโดยใช้เวลา 2 – 3เดือน/ครั้ง แต่ถ้าอาหารเพียงพอและเหมาะสมในระยะเวลา 1 ปี จะผสมพันธุ์ได้ 5 – 6 ครั้ง ขนาดอายุและช่วงการสืบพันธุ์ของปลาแต่ละตัวจะแตกต่างกันไปตามสภาพแวดล้อม และสภาพทางสรีรวิทยาของปลาเอง การวิวัฒนาการของรังไข่และถุงน้ำเชื่อของปลานิล พบว่าปลานิลจะมีไข่และน้ำเชื่อเมื่อมีความยาว 6.5 ซม. โดยปกติปลานิลที่ยังโตไม่ได้ขนาดผสมพันธุ์หรือสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมเพื่อการวางไข่ปลารวมกันอยู่เป็นฝูง แต่ภายหลังที่ปลามีขนาดที่จะสืบพันธุ์ได้ปลาตัวผู้จะแยกออกจากฝูงแล้วเริ่มสร้างรังโดยเลือกเอาบริเวณเชิงลาดหรือก้นบ่อที่มีระดับน้ำลึกระหว่าง 0.5 – 1 เมตร วิธีการสร้างรังนั้นปลาจะปักหัวลง โดยที่ตัวของมันอยู่ในระดับที่ตั้งฉากกับพื้นดิน แล้วใช้ปากพร้อมกับการเคลื่อนไหวของลำตัวเพื่อเขี่ยดินตะกอนออกจากนั้นจะอมดินตะกอนงับเศษสิ่งของต่างๆออกไปทิ้ง นอกรังทำเช่นนี้จนกว่าจะได้รังที่มีลักษณะค่อนข้างกลมเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 20 – 35 ซม. ลึกประมาณ 3 – 6 ซม. ความกว้างและความลึกของรังไข่ขึ้นอยู่กับขนาดของพ่อปลาหลังจากสร้างรังเรียบร้อยแล้วมันพยายามไล่ปลาตัวอื่นๆ ให้ออกไปนอกรัศมีของรังไข่ประมาณ2–3เมตรขณะเดียวกันพ่อปลาที่สร้างรังจะแผ่ครีบหางและอ้าปากกว้าง ในขณะที่ปลาตัวเมียว่ายน้ำอยู่ใกล้ๆรัง และเมื่อเลือกตัวเมียได้ถูกใจแล้วก็แสดงอาการจับคู่ โดยว่ายน้ำเคล้าคู่กันไปโดยใช้หางดีดและกัดกันเบาๆ การเคล้าเคลียดังกล่าวใช้เวลาไม่นานนัก ปลาตัวผู้ก็จะใช้บริเวณหน้าผากดุนที่ใต้ท้องของตัวเมียเพื่อเป็นการกระตุ้นเร่งเร้าให้ตัวเมียวางไข่ ซึ่งตัวเมียจะวางไข่ครั้งละ 10 – 15 ฟอง ปริมาณไข่รวมกันแต่ละครั้งมีปริมาณ 50 – 600 ฟอง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของแม่ปลา เมื่อปลาวางไข่แต่ละครั้งปลาตัวผู้จะว่ายไปเหนือไข่พร้อมกับปล่อยน้ำเชื้อลงไปทำเช่นนี้จนกว่าการผสมพันธุ์แล้วเสร็จโดยใช้เวลา 1 – 2 ชั่วโมง

ปลาตัวเมียเก็บไข่ที่ได้รับการผสมแล้วอมไว้ในปากและว่ายออกจากรังส่วนปลาตัวผู้ก็จะคอยหาโอกาสเค้าเคลียกับปลาตัวเมียอื่นต่อไป [1]

2.1.3 การให้อาหารปลานิล

ปลานิลจะเจริญเติบโตได้ตามปกติ จากการกินอาหารตามธรรมชาติที่มีอยู่ในบ่อ แต่เพื่อให้ปลาโตเร็วก็ควรให้อาหารสมทบพวกรำ ปลายข้าว กากถั่วด้วย การให้อาหารจะให้วันละ 1 ครั้ง หรือ 2 ครั้ง แล้วแต่ความสะดวกของผู้เลี้ยง ควรกะปริมาณให้พอดีไม่ควรให้มากจนเกินไป ส่วนมากจะให้ราว 4 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักปลาที่เลี้ยง ถ้ามีการให้อาหารอัดเม็ดโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ก็ให้ได้วันละ 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว แล้วปรับปริมาณอาหารเพิ่มขึ้นได้ตามขนาดของน้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น การใช้อาหารถ้าให้มากเกินไปปลาก็จะกินไม่หมด และจะทำให้น้ำในบ่อเสียได้ [2]

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับแผงเซลล์สุริยะ (Solar cell) [3]

Solar Cell หรือ **PV** มีชื่อเรียกกันไปหลายอย่าง เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ เซลล์สุริยะ หรือเซลล์ photovoltaic ซึ่งต่างก็มีที่มาจากคำว่า **Photovoltaic** โดยแยกออกเป็น photo หมายถึง แสง และ volt หมายถึง แรงดันไฟฟ้า เมื่อรวมคำแล้วหมายถึง กระบวนการผลิตไฟฟ้าจากการตกกระทบของแสงบนวัตถุที่มีความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง แนวความคิดนี้ได้ถูกค้นพบมาตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1839 แต่เซลล์แสงอาทิตย์ก็ยังไม่ถูกสร้างขึ้นมา จนกระทั่งใน ปี ค.ศ. 1954 จึงมีการประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ และได้ถูกนำไปใช้เป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้กับดาวเทียมในอวกาศ เมื่อ ปี ค.ศ. 1959 ดังนั้น สรุปได้ว่า

เซลล์แสงอาทิตย์ คือ สิ่งประดิษฐ์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน (Silicon), แกลเลี่ยม อาร์เซไนด์ (Gallium Arsenide), อินเดียม ฟอสไฟด์ (Indium Phosphide), แคดเมียม เทลเลอไรด์ (Cadmium Telluride) และคอปเปอร์ อินเดียม ไดเซเลไนด์ (Copper Indium Diselenide) เป็นต้น ซึ่งเมื่อได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงก็จะเปลี่ยนเป็นพาหะนำไฟฟ้า และจะถูกแยกเป็นประจุไฟฟ้าบวกและลบเพื่อให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วทั้งสองของเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อนำขั้วไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ต่อเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรง กระแสไฟฟ้าจะไหลเข้าสู่อุปกรณ์เหล่านั้น ทำให้สามารถทำงานได้

2.2.1 ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์

แบ่งตามวัสดุที่ใช้เป็น 3 ชนิดหลักๆ คือ

Single Crystalline
Silicon Solar Cell

Polycrystalline
Silicon Solar Cell

Amorphous
Silicon Solar Cell

รูปที่ 2.2 แผงโซล่าเซลล์แต่ละชนิด

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอน ชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline Silicon Solar Cell) หรือที่รู้จักกันในชื่อ Monocrystalline Silicon Solar Cell และ**ชนิดผลึกรวม** (Polycrystalline Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นแผ่นซิลิคอนแข็งและบางมาก

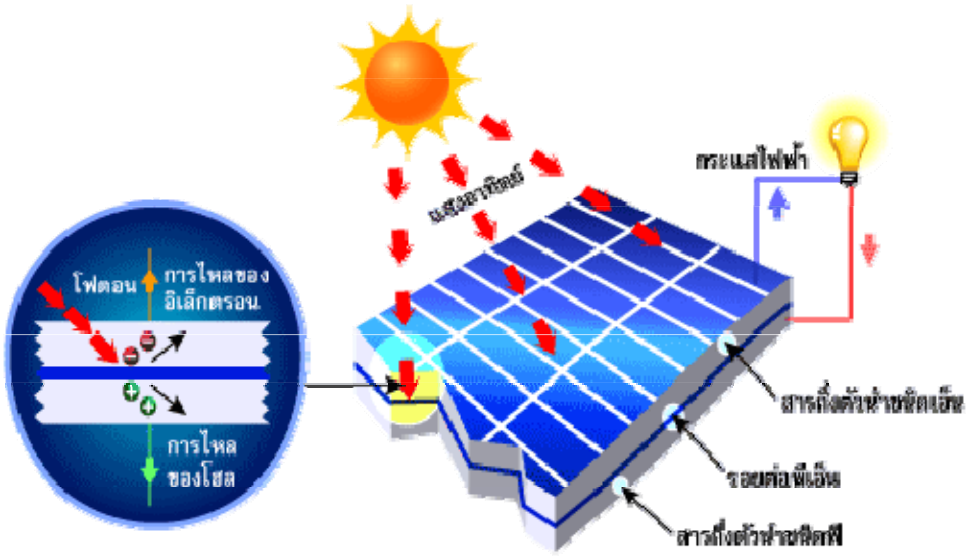
เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นฟิล์มบางเพียง 0.5 ไมครอน (0.0005 มม.) น้ำหนักเบามาก และประสิทธิภาพเพียง 5-10%

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำอื่นๆ เช่น แกลเลี่ยม อาร์เซไนด์, แคดเมียม เทลเลอไรด์ และคอปเปอร์ อินเดียม ไดเซเลไนด์ เป็นต้น มีทั้งชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline) และผลึกรวม (Polycrystalline) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากแกลเลี่ยม อาร์เซไนด์ จะให้ประสิทธิภาพสูงถึง 20-25%

2.2.2 โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์

โครงสร้างที่นิยมมากที่สุด ได้แก่ รอยต่อพีเอ็นของสารกึ่งตัวนำ สารกึ่งตัวนำที่ราคาถูกที่สุดและมีมากที่สุดบนโลก คือ ซิลิคอน จึงถูกนำมาสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ โดยนำซิลิคอนมาถลุง และผ่านขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์ จนกระทั่งทำให้เป็นผลึก จากนั้นนำมาผ่านกระบวนการแพร่ซึมสารเจือปนเพื่อสร้างรอยต่อพีเอ็น โดยเมื่อเติมสารเจือฟอสฟอรัส จะเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (เพราะนำไฟฟ้าด้วยอิเล็กตรอนซึ่งมีประจุลบ) และเมื่อเติมสารเจือโบรอน จะเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดพี (เพราะนำไฟฟ้าด้วยโฮลซึ่งมีประจุบวก) ดังนั้น เมื่อนำสารกึ่งตัวนำชนิดพีและเอ็นมาต่อกัน จะเกิดรอยต่อพีเอ็นขึ้น โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอน อาจมีรูปร่างเป็นแผ่นวงกลมหรือสี่เหลี่ยมจัตุรัส ความหนา 200-400 ไมครอน (0.2-0.4 มม.) ผิวด้านรับแสงจะมีชั้นแพร่ซึมที่มีการนำไฟฟ้า ขั้วไฟฟ้าด้านหน้าที่รับแสงจะมีลักษณะคล้ายก้างปลาเพื่อให้ได้พื้นที่รับแสงมากที่สุด ส่วนขั้วไฟฟ้าด้านหลังเป็นขั้วโลหะเต็มพื้นผิว

2.2.3 หลักการทำงานทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 2.3 หลักการทำงานของโซล่าเซลล์

เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ จะเกิดการสร้างพาหะนำไฟฟ้าประจุลบและบวกขึ้น ได้แก่ อิเล็กตรอนและ โฮล โครงสร้างรอยต่อพีเอ็นจะทำหน้าที่สร้างสนามไฟฟ้าภายในเซลล์ เพื่อแยกพาหะนำไฟฟ้าชนิดอิเล็กตรอนไปที่ขั้วลบ และพาหะนำไฟฟ้าชนิดโฮลไปที่ขั้วบวก (ปกติที่ฐานจะใช้สารกึ่งตัวนำชนิดพี ขั้วไฟฟ้าด้านหลังจึงเป็นขั้วบวก ส่วนด้านรับแสงใช้สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น ขั้วไฟฟ้าจึงเป็นขั้วลบ) ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าแบบกระแสตรงที่ขั้วไฟฟ้าทั้งสอง เมื่อต่อให้ครบวงจรไฟฟ้าจะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลขึ้น

<u>ตัวอย่าง</u>

เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอนที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว จะให้กระแสไฟฟ้าประมาณ 2-3 แอมแปร์ และให้แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดประมาณ 0.6 โวลต์ เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ไม่มากนัก ดังนั้นเพื่อให้ได้กำลังไฟฟ้ามากเพียงพอสำหรับใช้งาน จึงมีการนำเซลล์แสงอาทิตย์หลายๆ เซลล์มาต่อกันเป็น เรียกว่า **แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Modules)** ลักษณะการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขึ้นอยู่ว่าต้องการกระแสไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้าการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบขนาน จะทำให้ได้กระแสไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอนุกรม จะทำให้ได้แรงดันไฟฟ้าสูงขึ้น

2.2.4 ขั้นตอนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอนชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystal) หรือ Monocrystalline มีขั้นตอนการผลิต ดังนี้

นำซิลิคอนที่ถลุงได้มาหลอมเป็นของเหลวที่อุณหภูมิประมาณ 1400 °C แล้วดึงผลึกออกจากของเหลว โดยลดอุณหภูมิลงอย่างช้าๆ จนได้แท่งผลึกซิลิคอนเป็นของแข็ง แล้วนำมาตัดเป็นแว่นๆ นำผลึกซิลิคอนที่เป็นแว่น มาแพร่ซึมด้วยสารเจือปนต่างๆ เพื่อสร้างรอยต่อพีเอ็นภายในเตาแพร่ซึมที่มีอุณหภูมิประมาณ 900-1000 °C แล้วนำไปทำชั้นต้านการสะท้อนแสงด้วยเตาออกซิเดชั่นที่มีอุณหภูมิสูง ทำขั้วไฟฟ้าสองด้านด้วยการฉาบไอโลหะภายใต้สุญญากาศ เมื่อเสร็จเรียบร้อยแล้วจะต้องนำไปทดสอบประสิทธิภาพด้วยแสงอาทิตย์เทียม และวัดหาคุณสมบัติทางไฟฟ้า

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอนชนิดผลึกรวม (Polycrystalline) มีขั้นตอนการผลิต ดังนี้

นำซิลิคอนที่ถลุงและหลอมละลายเป็นของเหลวแล้วมาเทลงในแบบพิมพ์ เมื่อซิลิคอนแข็งตัว จะได้เป็นแท่งซิลิคอนเป็นแบบผลึกรวม แล้วนำมาตัดเป็นแว่นๆ จากนั้นนำมาแพร่ซึมด้วยสารเจือปนต่างๆ และทำขั้วไฟฟ้าสองด้านด้วยวิธีการเช่นเดียวกับที่สร้างเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอนชนิดผลึกเดี่ยว

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากที่ทำจากอะมอร์ฟัสซิลิคอน มีขั้นตอนการผลิต ดังนี้

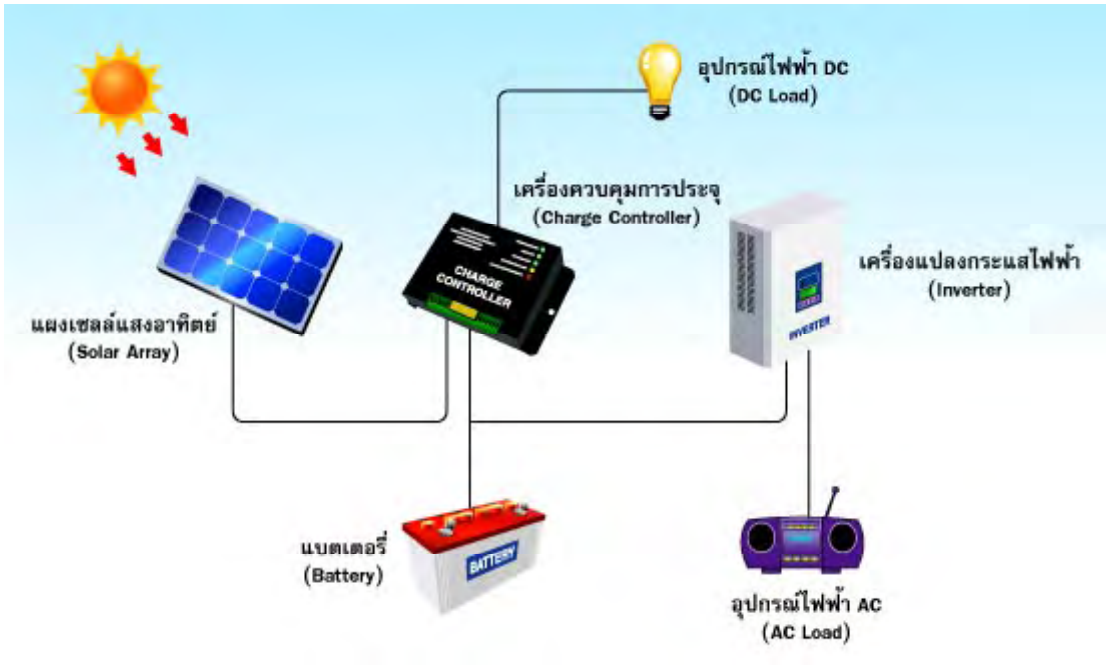
ทำการแยกสลายก๊าซไซเลน (Silage Gas) ให้เป็นอะมอร์ฟัสซิลิคอน โดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า เครื่อง Plasma CVD (Chemical Vapor Deposition) เป็นการผ่านก๊าซไซเลนเข้าไปในครอบแก้วที่มีขั้วไฟฟ้าความถี่สูง จะทำให้ก๊าซแยกสลายเกิดเป็นพลาสมา และอะตอมของซิลิคอนจะตกลงบนฐานหรือสแตนเลสสตีลที่วางอยู่ในครอบแก้ว เกิดเป็นฟิล์มบางขนาดไม่เกิน 1 ไมครอน (0.001 มม.) ขณะที่แยกสลายก๊าซไซเลน จะผสมก๊าซฟอสฟีนและไดโบเรนเข้าไปเป็นสารเจือปน เพื่อสร้างรอยต่อพีเอ็น สำหรับใช้เป็นโครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ การทำขั้วไฟฟ้า มักใช้ขั้วไฟฟ้าโปร่งแสงที่ทำจาก ITO (Indium Tin Oxide)

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากแกลเลี่ยม อาร์เซไนด์ มีขั้นตอนการผลิต ดังนี้

ขั้นตอนการปลูกชั้นผลึก ใช้เครื่องมือ คือ เตาปลูกชั้นผลึกจากสถานะของเหลว (LPE; Liquid Phase Epitaxy) ขั้นตอนการปลูกชั้นผลึกที่เป็นรอยต่อเอ็นพี ใช้เครื่องมือ คือ เครื่องปลูกชั้นผลึกด้วยลำโมเลกุล (MBE; Molecular Beam Epitaxy)

2.2.5 อุปกรณ์สำคัญของระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้ากระแสตรง จึงนำกระแสไฟฟ้าไปใช้ได้เฉพาะกับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรงเท่านั้น หากต้องการนำไปใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับหรือเก็บสะสมพลังงานไว้ใช้ต่อไป จะต้องใช้ร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ อีก โดยรวมเข้าเป็นระบบที่ผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์สำคัญๆ มีดังนี้



รูปที่ 2.4 ระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าจากแผงโซล่าเซลล์

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Module) ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งเป็นไฟฟ้ากระแสตรงและมีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt) มีการนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์หลายๆ เซลล์มาต่อกันเป็นแถวหรือเป็นชุด (Solar Array) เพื่อให้ได้พลังงานไฟฟ้าใช้งานตามที่ต้องการ โดยการต่อกันแบบอนุกรม จะเพิ่มแรงดันไฟฟ้า และการต่อกันแบบขนาน จะเพิ่มพลังงานไฟฟ้า หากสถานที่ตั้งทางภูมิศาสตร์แตกต่างกัน ก็จะมีผลให้ปริมาณของค่าเฉลี่ยพลังงานสูงสุดในหนึ่งวันไม่เท่ากันด้วย รวมถึงอุณหภูมิก็มีผลต่อการผลิตพลังงานไฟฟ้า หากอุณหภูมิสูงขึ้น การผลิตพลังงานไฟฟ้าจะลดลง

เครื่องควบคุมการประจุ (Charge Controller) ทำหน้าที่ประจุกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้าสู่แบตเตอรี่ และควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าให้มีปริมาณเหมาะสมกับแบตเตอรี่ เพื่อยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ รวมถึงการจ่ายกระแสไฟฟ้าออกจากแบตเตอรี่ด้วย ดังนั้น การทำงานของเครื่องควบคุมการประจุ คือ เมื่อประจุกระแสไฟฟ้าเข้าสู่แบตเตอรี่จนเต็มแล้ว จะหยุดหรือลดการ

ประจุกระแสไฟฟ้า (และมักจะมีคุณสมบัติในการตัดการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า กรณีแรงดันของแบตเตอรี่ลดลงด้วย) ระบบพลังงานแสงอาทิตย์จะใช้เครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าในกรณีที่มีการเก็บพลังงานไฟฟ้าไว้ในแบตเตอรี่เท่านั้น

แบตเตอรี่ (Battery) ทำหน้าที่เป็นตัวเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไว้ใช้เวลาที่ต้องการ เช่น เวลาที่ไม่มีแสงอาทิตย์ เวลากลางคืน หรือนำไปประยุกต์ใช้งานอื่นๆ แบตเตอรี่มีหลายชนิดและหลายขนาดให้เลือกใช้งานตามความเหมาะสม

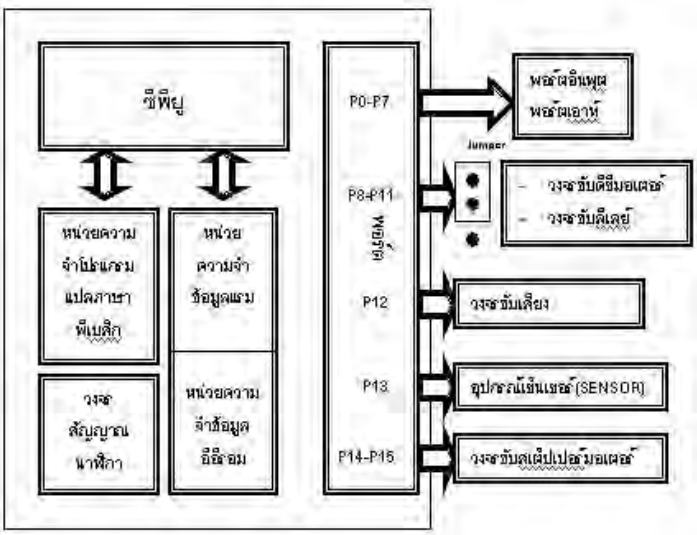
เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) ทำหน้าที่แปลงพลังงานไฟฟ้าจากกระแสตรง (DC) ที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ให้เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เพื่อให้สามารถใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับ แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ **Sine Wave Inverter** ใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับทุกชนิด และ **Modified Sine Wave Inverter** ใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับที่ไม่มีส่วนประกอบของมอเตอร์และหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่เป็น Electronic ballast

ระบบป้องกันฟ้าผ่า (Lightning Protection) ทำหน้าที่ป้องกันความเสียหายที่เกิดกับอุปกรณ์ไฟฟ้าเมื่อฟ้าผ่า หรือเกิดการเหนี่ยวนำทำให้ความต่างศักย์สูง ในระบบทั่วไปมักไม่ใช้อุปกรณ์นี้ จะใช้สำหรับระบบขนาดใหญ่และมีความสำคัญเท่านั้น รวมถึงต้องมีระบบสายดินที่มีประสิทธิภาพด้วย

2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

เป็นอุปกรณ์ไอซี (IC: Integrated Circuit) ที่สามารถโปรแกรมการทำงานได้ซับซ้อน สามารถรับข้อมูลในรูปสัญญาณดิจิตอลเข้าไปทำการประมวลผลแล้วส่งผลลัพธ์ข้อมูลดิจิตอลออกมาเพื่อนำไปใช้งานตามที่ต้องการได้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ภายในชิพจะมีหน่วยความจำ, Port อยู่ในชิพเพียงตัวเดียว ซึ่งอาจจะเรียกได้ว่าเป็นคอมพิวเตอร์ชิพเดี่ยว ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นไมโครโพรเซสเซอร์ชนิดหนึ่ง เช่นเดียวกับหน่วยประมวลผลกลาง (CPU: Central Processing Unit) ที่ใช้ในคอมพิวเตอร์ แต่ได้รับการพัฒนาแยกออกมาภายหลังเพื่อนำไปใช้ในวงจรทางด้านงานควบคุม คือ แทนที่ในการใช้งานจะต้องต่อวงจรภายนอกต่าง ๆ เพิ่มเติมเช่นเดียวกับไมโครโปรเซสเซอร์ ก็จะทำการรวมวงจรที่จำเป็น เช่น หน่วยความจำ, ส่วนอินพุท/เอาท์พุท บางส่วนเข้าไปในตัว ไอซีเดียวกัน และเพิ่มวงจรบางอย่างเข้าไปด้วยเพื่อให้มีความสามารถเหมาะสมกับการใช้ในงานควบคุม เช่น วงจรตั้งเวลา, วงจรการสื่อสารอนุกรม วงจรแปลงสัญญาณอนาลอคเป็นดิจิตอล เป็นต้น สรุปคือ

Microcontroller = Microprocessor + Memory + I/O



รูปที่ 2.5 กระบวนการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานอย่างกว้างขวาง โดยมักจะเป็นการนำไปใช้ฝังในระบบของอุปกรณ์อื่น ๆ (Embedded Systems) เพื่อใช้ควบคุมการทำงานบางอย่าง เช่น ใช้ในรถยนต์, เตาอบไมโครเวฟ, เครื่องปรับอากาศ, เครื่องซักผ้าอัตโนมัติ เป็นต้น เพราะว่าไมโครคอนโทรลเลอร์มีข้อดีเหมาะสมต่อการใช้ในงานควบคุมหลายประการ เช่น ชิพไอซีและระบบที่ได้มีขนาดเล็ก ระบบที่ได้มีราคาถูกกว่าการใช้ชิพไมโครโพรเซสเซอร์ วงจรที่ได้จะมีความซับซ้อนน้อย ช่วยลดข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในการต่อวงจร มีคุณสมบัติเพิ่มเติมสำหรับงานควบคุมโดยเฉพาะซึ่งใช้งานได้ง่าย ช่วยลดระยะเวลาในการพัฒนาระบบได้ ไมโครคอนโทรลเลอร์มีหลายยี่ห้อ หลายตระกูล และหลายเบอร์ด้วยกัน ซึ่งแต่ละเบอร์ก็จะมีโครงสร้างภายในและความสามารถในการทำงานที่แตกต่างกันทำให้เลือกใช้กับงานได้อย่างเหมาะสม

2.3.1 PIC เบอร์ต่างๆ

ปัจจุบัน MCU ของ PIC มีหลากหลายเบอร์ จนแทบจะเลือกใช้ไม่ถูก แต่ในความเป็นจริงแล้ว การออกเบอร์ใหม่ๆ ออกมาได้มีการกำหนดทิศทางที่แน่นอน ซึ่งเราสามารถ จะแบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม ได้แก่

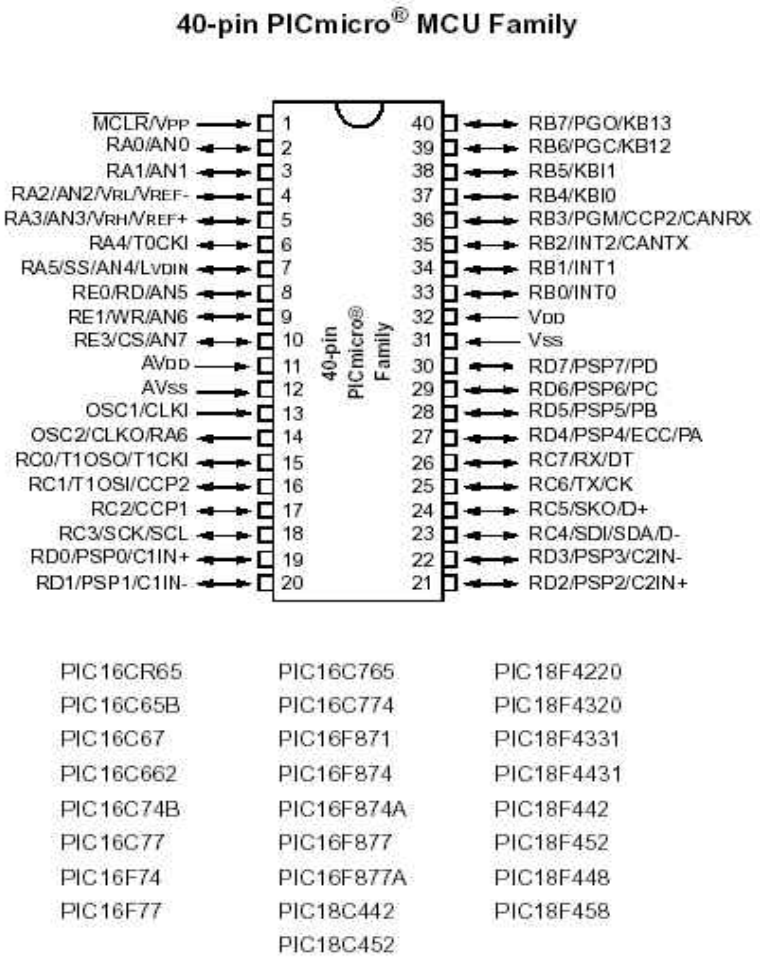
- PIC12CXXX, PIC12FXXX (FLASH MCUs)
- PIC16C5X
- PIC16CXXX

- PIC17CXXX
- PIC16FXXX (FLASH MCUs)
- PIC18CXXX, PIC18FXXX (FLASH MCUs)

แต่ในส่วนนี้ขอยกเรื่องของ ไมโครคอนโทรลเลอร์กลุ่ม PIC 16FXXX (Flash MCUs) ในรุ่น PIC16F8XXX (Flash MCUs)

PIC16F8XXX (FLASH MCUs)

- มีคำสั่งในภาษา assembly 35 คำสั่ง
- มี I/O, มี Timer มากกว่า 1 ตัว, Watch dog, I2C, USART, SPI, PWM
- มี A/D ขนาด 10 bits
- มี Program memory เป็นแบบ Flash ทำให้สามารถโปรแกรมใหม่ได้หลายครั้ง
- มี EEPROM ภายใน
- ในตระกูล 16F87X สนับสนุน In Circuit Debugger (ICD) เป็นผลทำให้ไม่จำเป็นต้องซื้อ Emulator ราคาแพง

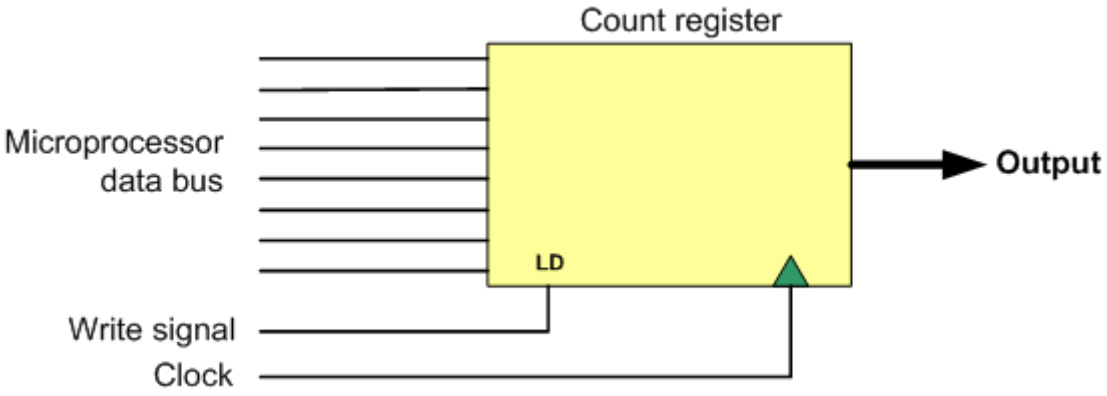


รูปที่ 2.6 โครงสร้างของ16FXXX (Flash MCUs)

2.3.2 Program Counter

เป็น counter ที่แสดงถึงตำแหน่ง address ของ program ที่เขียนเข้าไปไว้ใน flash memory ที่กำลังทำการประมวลผล ซึ่งจะเป็น counter ขนาด 13 bits โดยทั่วไปแล้ว counter ตัวนี้จะเพิ่มขึ้น 1 ทุกๆ ครั้งเมื่อมีการประมวลผลคำสั่งเกิดขึ้น 1 ครั้ง ซึ่งค่าที่แสดงก็คือตำแหน่งของคำสั่งต่อไปที่จะทำการประมวลผล แต่เมื่อประมวลคำสั่ง JUMP ตัว counter จะมีค่าเท่ากับตำแหน่งที่คำสั่ง JUMP นั้นอ้างถึง

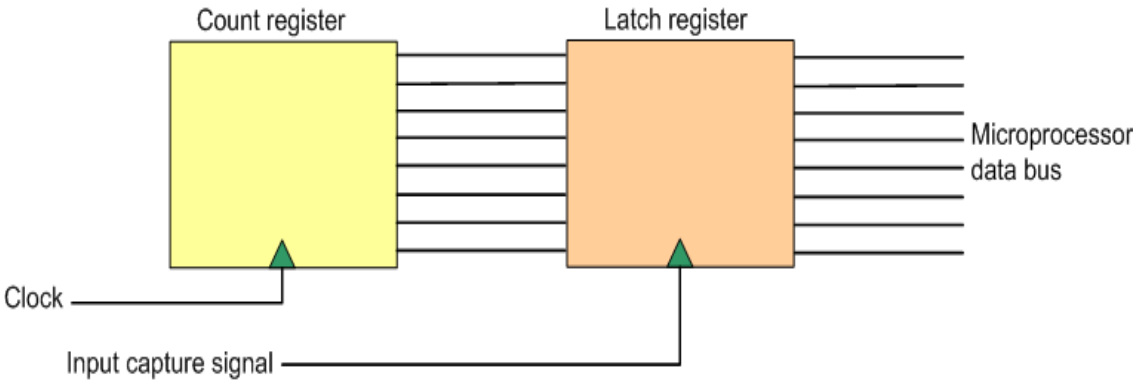
ใน MCU ทุกตัวจะมี COUNTER/TIMERS อยู่ภายในด้วยเสมอ COUNTER/TIMERS จะใช้สำหรับนับหรือวัดความกว้างของช่วงเวลา ในทาง Hardware แล้วทั้งการทำงานของ COUNTER และ TIMERS เป็นหลักการเดียวกัน ในรูปที่ 1 เป็นรูปแบบเบื้องต้นของ COUNTER/TIMERS ที่อยู่ใน MCU โดยทั่วไป ซึ่งเราสามารถสร้างได้โดยใช้ 74HC161 counter โดยที่จะประกอบด้วย loadable 8-bit count register, input clock signal และ output clock signal หลักการทำงานคือ software จะทำการ load ค่า count register ค่า 8-bit ค่าอยู่ระหว่าง 0x00 และ 0xFF เมื่อมีสัญญาณ clock เข้ามาแต่ละกัน pulse จะทำการเพิ่มค่า count register ไปเรื่อยๆ จะกระทั้งเกิด overflow (นับค่าเกิน 0xFF) ก็จะส่งสัญญาณ output clock signal สัญญาณที่ส่งออกมานั้นถ้าเป็นภายใน MCU อาจจะหมายถึงการไป trig ให้เกิด interrupt หรือ set flag เพื่อให้ MCU อ่านค่าต่อไป ในการที่จะเริ่มนับ timer ใหม่ software จะต้องทำการโหลดค่า count register เข้าไปใหม่เพื่อเริ่มทำการนับอีกครั้ง การนับของตัว counter มีได้สองอย่างคือ นับขึ้น โดยจะนับจากค่าเริ่มต้นไปจนถึง 0xFF แต่ถ้าเป็นการนับลงแล้วจะทำการนับตั้งแต่ค่าเริ่มต้นไปจนถึงค่า 0x00 ภายใน MCU จริงๆ นั้นเราสามารถที่จะอ่านค่า count register ได้ด้วย



รูปที่ 2.7 simple counter/timer

2.3.3 Semi-automatic

ใน timer ซึ่งเป็นแบบ automatic reload จะมี latch register ซึ่งใช้สำหรับเก็บค่าที่เขียนโดย MCU เมื่อ MCU ทำการเขียนค่าลงใน latch ในส่วนของ count register ก็จะถูกเขียนลงไปด้วยเช่นกัน เมื่อ counter เกิดการนับจน overflow ก็จะทำการส่งสัญญาณไปยัง output แล้วทำการ load ค่าตั้งต้นในการนับใหม่โดยอัตโนมัติ ซึ่งค่าที่โหลดเข้ามาใหม่ก็คือค่าที่อยู่ใน latch register นั่นเอง เนื่องจากสัญญาณ Output ที่เกิดจากการ overflow ของ counter มีความแม่นยำ จึงสามารถนำประยุกต์ใช้ สร้างฐานเวลา หรือ สร้างค่าเวลา Baud rate สำหรับ UART ก็ได้ ในอีกกรณีหนึ่งของ counter ก็คือตัว MCU จะกำหนดค่าคงที่เข้าไปยัง terminal count register ซึ่ง counter จะทำการนับค่าไปเรื่อยๆจนกระทั่งค่าที่นับตรงกับค่าใน terminal count register การนับลักษณะนี้ counter เริ่มด้วยการ clear ค่าใน counter register และทำการนับขึ้น ซึ่งเหมาะสำหรับการสร้างค่าคาบเวลาคงที่ต่างๆ เช่นสร้าง pulse ความถี่ สำหรับคำศัพท์ที่ใช้ในการเรียกการนับครั้งเดียวแล้วทำการหยุดนับไปเลยจนกว่า MCU จะสั่งให้นับใหม่เรียกว่า การนับแบบ one shot ส่วนการนับแบบโหลดค่าเพื่อทำการนับใหม่เรื่อยๆ เรียกว่า การนับแบบ periodic



รูปที่ 2.8 input capture timer

2.3.4 Input capture

รูปแบบของ input capture timer จะมีรูปแบบเหมือนในรูปที่ 2 โดยที่ Latch จะต่ออยู่กับ timer counter register ตัว timer จะทำการนับด้วยค่าสัญญาณนาฬิกาคงที่ ส่วนใหญ่มาจากสัญญาณนาฬิกาของ MCU ดังนั้น ตัว counter register จะเพิ่มขึ้น หรือลดลงด้วยอัตราเวลาที่คงที่ เมื่อมีสัญญาณ Latch จากภายนอกจะทำให้ค่า counter register ถูกนำเข้าไปเก็บใน processor visible register ทันที หลังจากนั้นก็จะส่งสัญญาณ output ไปบอก MCU (เช่นสัญญาณ interrupt) จากการทำงานดังกล่าวเราอาจจะนำไปใช้ในการวัดความกว้างระหว่างขอบสัญญาณของ pulse โดยทำการอ่านค่าที่ถูก latch ได้ ณ ของสัญญาณทั้งสองแล้วหาผลต่างก็จะได้จำนวน clock ที่ถูกนับไป ส่วนใหญ่ input capture signal

สามารถกำหนดภายใน MCU ได้ว่าจะทำการ capture ที่ของสัญญาณขาขึ้น,ขาลง หรือทั้งขาขึ้นและขาลง

2.3.5 PRESCALING

ใน TIMER/COUNTER บางตัวจะมีตัวหารเพื่อทำให้การนับนั้นช้าลง หรือเรียกง่ายๆ ว่า ตัวหารความถี่ (prescaling) เช่นตามปกติถ้าการนับขึ้นใช้เวลา 1 สัญญาณนาฬิกา หากเรากำหนดให้ค่า prescaling เป็น 8 นั่นก็หมายความว่าต้องใช้ สัญญาณนาฬิกา 8 ลูกในการนับขึ้น

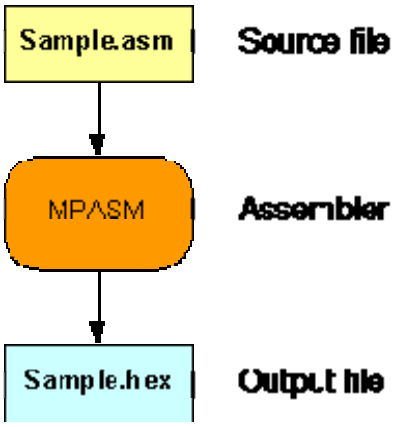
2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ [4]

ภาษาที่ใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมบน Microcontroller (ต่อไปจะของเรียกสั้นๆว่า MCU) แบ่งได้เช่นเดียวกับการเขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์คือ ภาษาระดับสูง และภาษาระดับต่ำ
ภาษาระดับสูงเช่น C, Basic ข้อดีคือเขียนง่าย, แก้ไขเปลี่ยนแปลง หรือเพิ่มเติมได้ง่าย ส่วนข้อเสียก็คือการทำงานจะช้า ขนาดโปรแกรมที่เขียนมีขนาดใหญ่

ภาษาระดับต่ำ ซึ่งก็คือ ภาษา Assembly ข้อดีคือ ตัว compiler แจกฟรี ขนาดโปรแกรมหลังจาก compiled แล้วมีขนาดเล็ก โปรแกรมมีความเร็ว แต่ข้อเสียก็คือเขียนยาก เพราะลักษณะภาษาไม่ค่อยสื่อความหมาย แก้ไขเปลี่ยนแปลงยาก

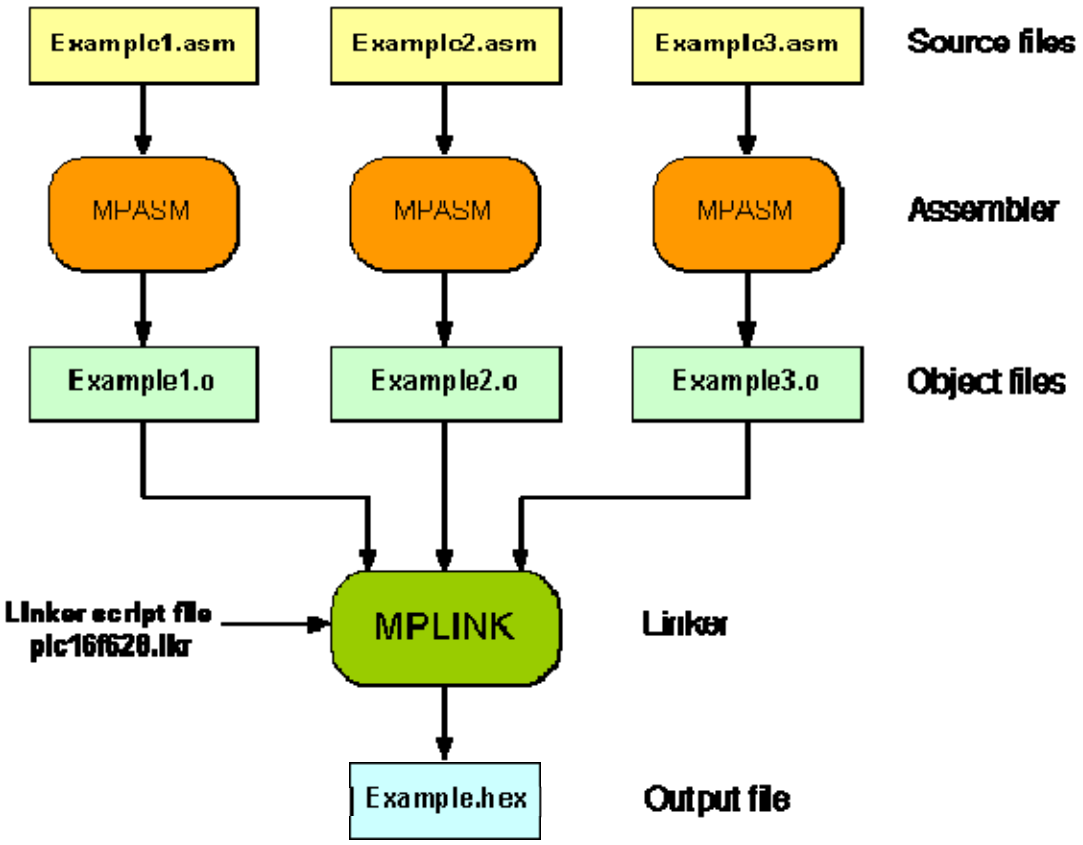
2.4.1 รูปแบบการเขียนโปรแกรม Microcontroller สามารถแบ่งได้ดังนี้

เขียนด้วยภาษา Assembly แบบ ไฟล์เดียว หลังจากนั้นก็ทำการ Compile ด้วย Assembler ของ MCU ตัวนั้น ซึ่งส่วนในผู้ผลิต Chip MCU จะแจกจ่ายให้ฟรี สำหรับ Assembler ของMicrochip ก็คือ MPASM โดยไฟล์ที่ได้มามีได้หลายชนิดแต่ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของ Hex file



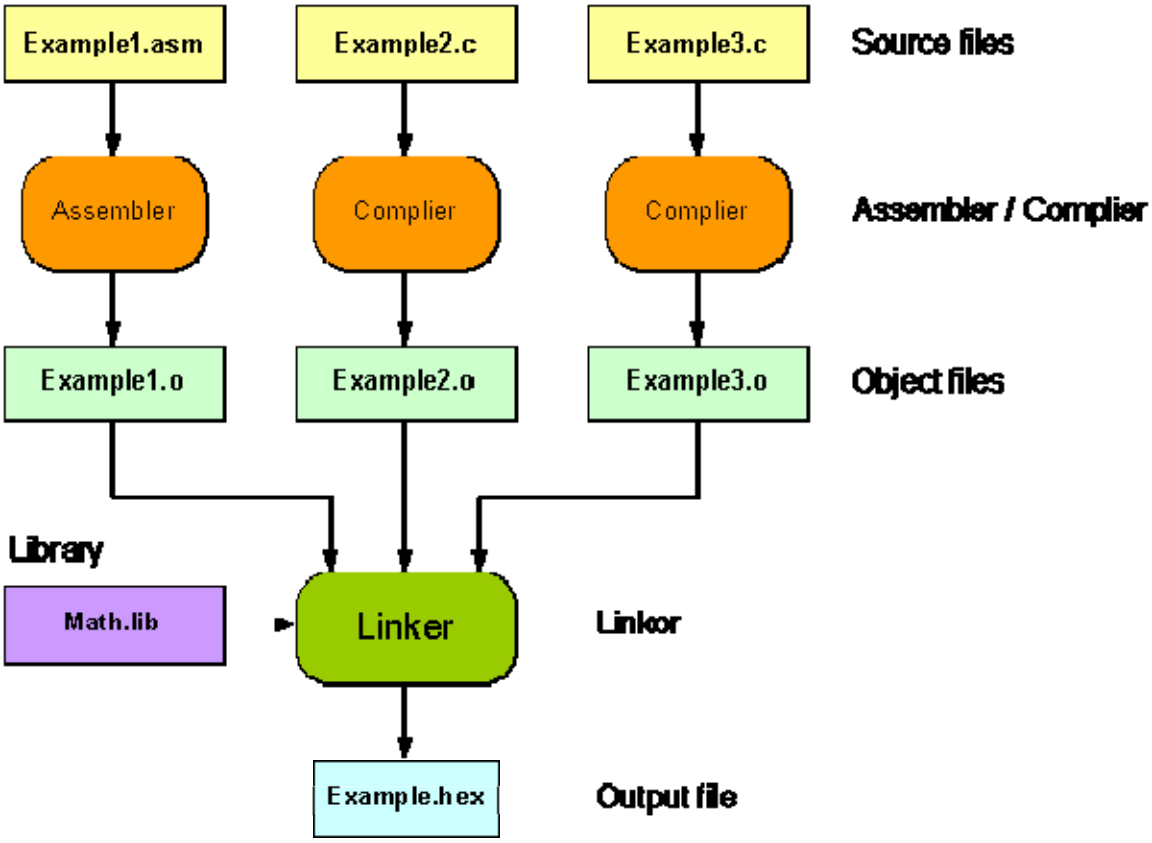
รูปที่ 2.9 Flow chart การเขียนภาษา Assembly แบบไฟล์เดียว

ใช้ภาษา Assembly เช่นกัน แต่แบ่งเป็นหลายๆ ไฟล์ หลังจากนั้นก็จะ Compile แต่ละไฟล์ให้ออกมาเป็น Object files และทำการรวมกันด้วย Linker ในขณะทำการ link ก็จะมี script file ของ MCU เบอร์นั้นๆ ประกอบ หลังจากทำการ Link แล้วก็จะได้ Hex file ออกมา



รูปที่ 2.10 Flow chart การเขียนภาษา Assembly แบบหลายๆ ไฟล์

ลักษณะสุดท้ายเป็นการเขียนด้วยภาษาสูง ซึ่งภาษาสูงที่ใช้อาจจะเป็น C, Basic ฯลฯ ซึ่งอาจจะเขียนร่วมกับ ภาษา assembly โดยไฟล์ที่เขียนจะถูกทำให้กลายเป็น Object files โดย Assembler สำหรับภาษา Assembly และ Compiled โดย Compiler สำหรับภาษาสูง จากนั้นก็ทำการ Link เข้าด้วยกันด้วย Linker ซึ่งขณะทำการ Link ก็จะมีการรวมเอา Library ที่ถูกเรียกใช้ในโปรแกรมเข้าไปรวมด้วยกัน สุดท้ายก็จะออกมาเป็น Hex file



รูปที่ 2.11 Flow chart การเขียนภาษาสูงเช่นภาษาซี, Basic ฯลฯ

หลังจากได้ Hex file มาแล้ว เราก็จะทำการอัดโปรแกรมเข้าสู่ chip ด้วยตัวโปรแกรมเมอร์ ส่วนใหญ่จะมีรูปแบบคือ มี Software บนคอมพิวเตอร์ สำหรับใช้ในการควบคุมการอ่าน เขียน หรือ ลบ โดยส่วนใหญ่จะเชื่อมต่อไปยัง programmer ด้วย serial, parallel มีราคาให้เลือกตั้งแต่หลักร้อยไปจนถึงหลักหมื่น เมื่ออัดโปรแกรมเข้า chip ได้แล้วเราก็พร้อมจะนำไปทดสอบการทำงานต่อไป

2.4.2 หลักการเขียนโปรแกรมภาษาเบสิค [8]

2.4.2.1 LABELS

เป็นหัวบรรทัดหรือตัวชี้ตำแหน่งที่เราต้องการให้ไปเป็นชื่ออะไรก็ได้แต่ต้องไม่ซ้ำกัน และต้องตามด้วยเครื่องหมาย : ทุกครั้ง

2.4.2.2 Variables

วิธีการประกาศตัวแปรทำได้โดยรูปแบบดังนี้ ชื่อตัวแปร var ขนาดตัวแปร เช่น chai var byte ‘เก็บข้อมูลได้ 0-255, dog var bit ‘เก็บข้อมูลได้ 0-1 chusak var word ‘เก็บข้อมูลได้ 0-65535 จำนวนตัว

แปรที่กำหนดได้จะถูกจำกัดโดยขนาดของแรมภายในของคอนโทรลเลอร์เบอร์นั้นๆ และไม่ควรกำหนดตัวแปรเกินความจำเป็น

2.4.2.3 Arrays

การกำหนดชนิดตัวแปรที่เป็น Arrays มีรูปแบบดังนี้ Label var size(number of element)เช่น cat var byte[30], frog var word[31] , Constants รูปแบบการกำหนดตัวแปรแทนค่าคงที่มีดังนี้Labels con constant expression เช่น love con 6, Bug con love+3, Notlove con bug, Numeric Constants สามารถกำหนดได้เป็นเลขฐานต่างๆโดยใช้เครื่องหมายดังนี้ 2100 ‘ หมายถึง 2100 ฐานสิบ, %110 ‘หมายถึง 110 ฐานสอง, $3AF ‘ หมายถึง 3AF ฐานสิบหก

2.4.2.4 String Constants

ในบางครั้งเราต้องการส่งรหัสที่ใช้แทนตัวอักษรแต่เราไม่สามารถจำค่ารหัสของตัวอักษรนั้นได้หมด จึงมีการใช้รูปแบบในการส่งรหัสตัวอักษรโดยตรงตามมาตรฐาน ASCII โดยวิธีใช้เครื่องหมาย “ “ คล่อมตัวอักษรนั้น เช่น “ h” “A”

2.4.2.5 Port and Other Registers

พอร์ทของ pic สามารถกำหนดให้เป็นอินพุทเอาร์พุทได้อย่างอิสระโดยการเซตค่าอินพุทเอาร์พุทนั้นจะกล่าวถึงในตอนหลัง และเราสามารถเขียนและอ่านข้อมูลจากพอร์ทได้โดยตรงเช่น PORTA=255 คือทำให้พอร์ท A มีค่าเท่ากับ 1 ทุกพอร์ทเนื่องจาก 255 เมื่อแปลงเป็นฐาน 2 จะเท่ากับ 11111111 หรือคำสั่ง sensor = portd หมายถึงนำค่าที่อ่านได้จากพอร์d มาไว้ที่ตัวแปรชื่อ sensor โดยการที่จะใช้คำสั่งดังกล่าวจะต้องกำหนดพอทร์ให้เป็นอินพุทหรือเอาร์พุทให้ถูกต้องวิธีการกำหนดอินพุทหรือเอาร์พุททำได้โดยการเซตค่าในรีจิสเตอร์ชื่อ trisa,trisb……โดยค่า 0 หมายถึงให้พอร์ทเป็นเอาร์พุท ค่า 1 คือให้พอร์ทเป็นอินพุท เช่น

trisb = %11111111 ‘หมายถึงทำให้พอร์ท B เป็นอินพุททั้งพอร์ท

trisc = %00000000 ‘หมายถึงทำให้พอร์ท C เป็นเอาร์พุททั้งพอร์ท

ถ้าหากเราไม่มีการเซตค่าใดๆไมโครคอนโทรลเลอร์จะเซตตัวเองเป็นอินพุทเพื่อความปลอดภัยไว้ก่อน

2.4.2.6 Comment

หากต้องการเขียนข้อความใดๆที่ไม่เกี่ยวกับเนื่อโปรแกรมก็สามารถเขียนได้โดยใช้เครื่องหมาย ' ก่อนหน้าข้อความนั้นๆโดยข้อความที่อยู่หลังเครื่องหมายดังกล่าวจะไม่ถูกคอมไพล์Multi-statement Lines โดยปกติแล้วรูปแบบคำสั่งการใช้คำสั่งจะพิมพ์บรรทัดละ 1 คำสั่งเท่านั้นหากต้องการพิมพ์หลายคำสั่งใน 1 บรรทัดสามรถทำได้โดยใช้เครื่องหมาย : คั่นระหว่างคำสั่งเช่น pause 1000:high

portb.0:portc=15 มีความหมายเช่นเดียวกับ pause 1000, high portb.0, portc=15

2.4.2.7 Line-extension Character

การเขียนโปรแกรมใน 1 บรรทัดนั้นจะถูกำหนดให้ใช้ข้อความได้ไม่เกิน 256 ตัวอักษรถ้ามีจำนวนคำสั่งเกิน 256 ตัวอักษรหรือต้องการขึ้นบรรทัดใหม่โดยที่คำสั่งเป็นการต่อข้อความจากบรรทัดเดิมสามารถใช้เครื่องหมาย _ ช่วยในการเขียนได้เช่น Branch

chai,[label1,label2,label3,label4,label5,label6]มีความหมายเดียวกับBranch

chai,[label1,label2,label3,label4,label5,label6]

2.4.2.8 Include

ในซอสโค้ดที่เราเขียนบางครั้งเราสามารถใช้การเรียกโปรแกรมย่อยจากไฟล์อื่นที่มีอยู่ได้โดยใช้คำสั่ง include เขียนไว้ที่หัวโปรแกรมโดยมีตัวอย่างการใช้ดังนี้เช่น include "modedefs.bas" ซึ่งไฟล์ที่จะทำการเรียกจะต้องมีอยู่ในไดเร็กทอรี่ที่ตัวคอมไพลเลอร์อยู่

2.4.2.9 Math Operation

คอมไพเลอร์ตัวนี้สามารถเรียกใช้ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ต่างๆโดยมีรูปแบบดังนี้

+	หมายถึง	การบวก
-	หมายถึง	การลบ
*	หมายถึง	การคูณ
**	หมายถึง	การคูณแล้วเก็บเฉพาะผลลัพธ์ที่ค่าเกิน 16 บิต
*/	หมายถึง	การคูณแล้วเก็บค่า 16 บิตตรงกลางจาก 32 บิต
/	หมายถึง	การหารแล้วเอาผลลัพธ์เก็บไว้
//	หมายถึง	การหารเอาเศษเก็บไว้
<<	หมายถึง	การเลื่อนข้อมูลไปทางซ้าย
>>	หมายถึง	การเลื่อนข้อมูลไปทางขวา
abs	หมายถึง	ค่าสัมบูรณ์
cos	หมายถึง	ค่าโคไซด์
dcd	หมายถึง	เป็นคำสั่งที่ใช้ในการเซตบิตของข้อมูล
sin	หมายถึง	ค่าไซด์
sqr	หมายถึง	ค่ารากที่สอง
&	หมายถึง	การ and ข้อมูล
|	หมายถึง	การ or ข้อมูล

^ หมายถึง การ Exclusive Or ข้อมูล

~ หมายถึง การ not ข้อมูล

&/ หมายถึง การ nand ข้อมูล

|/ หมายถึง การ nor ข้อมูล

^/ หมายถึง การ Exclusive Nor

2.4.2.10 Comparison Operation

รูปแบบเครื่องหมายที่ใช้ในการเปรียบเทียบมีดังนี้

=หรือ= หมายถึง เท่ากับ

<>หรือ|= หมายถึง ไม่เท่ากับ

> หมายถึง มากกว่า

< หมายถึง น้อยกว่า

<= หมายถึง น้อยกว่า หรือ เท่ากับ

>= หมายถึง มากกว่าหรือเท่ากับ

ส่วนใหญ่จะใช้ในคำสั่ง if.....then

2.4.2.11 Logical Operation

รูปแบบคำสั่งที่ใช้กระทำทางลอจิกมีดังนี้

and หรือ && หมายถึง และ

or หรือ || หมายถึง หรือ

xor หรอ or^^ หมายถึง Exclusive Or

not and หมายถึง แนน

not or หมายถึง นอร์

not xor หมายถึง not Exclusive Or

2.4.3 คำสั่งต่างๆที่มีใช้ใน PIC BASIC PRO COMPILE VESION 2.30 [9]

2.4.3.1 @

รูปแบบ @ statement

ใช้สำหรับการแทรกภาษาแอสแซมบลี้ลงในโปรแกรมเช่น i var byte 'กำหนดตัวแปร

ชื่อ i มีขนาด 8 บิต

rollme var byte

```
for i = 1 to 4
@ rlf _rollme, F ส่วนของภาษาแอสแซมบลี้ next i
```

2.4.3.2 acdin

รูปแบบ acdin channel,var

- channel คือ พอร์ทที่จะใช้รับสัญญาณอนาลอกซึ่งจะต้องไปเซตที่รีจิสเตอร์ adcon1 ก่อน สามารถดูรายละเอียดได้จากดาต้าชีสของเบอร์นั้นๆ
- var คือตัวแปรที่เอาไว้เก็บค่าที่อ่านได้ซึ่งจะมีค่า 0-255

ตัวอย่าง

```
chai var byte 'ประกาศตัวแปร
trisa = %11111111 'เซตพอร์ท a เป็นอินพุททุกพอร์ท
adcon1 = 2 ถ้าเซต adcon1=2จะทำให้พอร์ทเป็นอนาลอกอินพุท
adcin 1,chai 'ทำการอ่านข้อมูลจากพอร์ท a0 แล้วเก็บไว้ที่ chai การใช้คำสั่งนี้จะใช้ได้
```

เฉพาะชิพเบอร์ที่มีอนาลอกอินพุทเท่านั้นเช่น pic16f877

2.4.3.3 asm.....endasm

รูปแบบ asm

```
.....
.....
endasm
```

ใช้ในการแทรกคำสั่งภาษาแอสแซมบลี้ลงในโปรแกรม

เช่น asm

```
bsf porta.0,0
bcf portb.2,1
endasm
```

2.4.3.4 branch

รูปแบบ branch index,[label1,label2,label3……]

เป็นคำสั่งให้โปรแกรมกระโดดไปที่ลาเบลต่างตามค่าของ index ซึ่งจะเป็นค่าที่อยู่ใน

ตัวแปรโดย index ก็คือชื่อตัวแปรนั้นเองการใช้คำสั่งนี้จะช่วยลดบรรทัดของการเขียนโปรแกรมไปได้อย่างมาก ตัวอย่างเช่น

```
branch chai,[dog,wan,bee,som]
dog:
```

```
chai = chai+1
wan:
chai=abs chai
bee:
chai=chai*32
som:
chai = 245
```

จากโปรแกรมตัวอย่างจะหมายถึง ถ้า ค่าในตัวแปร chai=0 ให้กระโดดไปที่ลาเบล dog

ถ้า ค่าในตัวแปร chai=1 ให้กระโดดไปที่ลาเบล wan

ถ้า ค่าในตัวแปร chai=2 ให้กระโดดไปที่ลาเบล bee

ถ้า ค่าในตัวแปร chai=3 ให้กระโดดไปที่ลาเบล som

*ข้อกำหนดของการใช้คำสั่งนี้ผู้ใช้จะต้องมั่นใจว่าตำแหน่งที่กระโดดไปทุกตำแหน่งจะต้องอยู่ในเพจเดียวกันเพราะการจัดหน่วยความจำของตระกูล pic จ t แบ่งพื้นที่เป็นเพจละ 2 กิโลไบต์หากโปรแกรมอยู่คนละเพจ(จะมีคำเตือนขึ้นเมื่อทำการคอมไพล์)จะทำให้การกระโดดไปไม่ถึงและจะผิดพลาดได้ ให้เลี่ยงไปใช้คำสั่ง branchl แทน

2.4.3.5 branchl

รูปแบบ branchl index,[label1,label2,label3...]

การใช้งานเหมือนกับคำสั่ง branch ทุกประการแต่การกระโดดของคำสั่งนี้จะไปได้ทั่ว ทุกที่ของโปรแกรม และจะใช้พื้นที่ของหน่วยความจำในการเก็บโปรแกรมมากว่า คำสั่ง branch

2.4.3.6 button

รูปแบบ botton pin,down,delay,rate,bvar,action,label

เป็นคำสั่งที่ใช้ตรวจสอบค่าอินพุทจากสวิตช์ที่ต่อกับพอร์ทนั้นๆเมื่อมีการเรียกใช้คำสั่ง นี้พอร์ทนั้นจะกลายเป็นอินพุทโดยอัตโนมัติ

pin	หมายถึง	พอร์ทที่เราต้องการอ่านค่า down เป็นค่าสถานะที่เราต้องการเมื่อมีการกดสวิตช์ว่าจะให้กดเป็น 0 หรือกดเป็น 1 ซึ่งแล้วแต่ว่าเราจะต่อสวิตช์ไว้แบบไหนโดยส่วนใหญ่แล้วจะต่อให้กดแล้วเป็น 0
delay	คือ	ค่าเวลาที่ใช้ในการหน่วงการกลับมารับค่าจากสวิตช์อีกครั้งมีหน่วยเป็นมิลลิวินาที
rate	คือ	ช่วงการ auto repeat มีค่า 0-255
bvar	คือ	ค่าตัวแปรที่ใช้เก็บค่า delay/repeat

action คือ ค่าสถานะเมื่อสวิตช์ทำงาน

label คือ ลาเบลที่ต้องการให้โปรแกรมกระโดดไปเมื่อสวิตช์เกิดการกดคำสั่ง button นี้ ดูจะมีความยุ่งยากในการใช้เป็นอย่างมาก โดยปกติแล้วนิยมใช้การรับค่าสวิตช์โดยใช้ คำสั่ง if…….then มากกว่า

2.4.3.7 call

รูปแบบ call label

ใช้ในการกระโดดไปโปรแกรมย่อยของภาษาแอสแซมบลี้ที่มีการเขียนแทรกลงมาในโปรแกรมซึ่งจะกระโดดกลับมาเมื่อเจอคำสั่ง return เช่น

call pass หมายถึง ให้กระโดดไปที่โปรแกรมย่อยชื่อ pass

2.4.3.8 clear

รูปแบบ clear

ใช้ในการเซตค่าตัวแปรทั้งหมดให้เป็น 0 เพื่อความมั่นใจว่าตัวแปรทั้งหมดเป็น 0 เราต้องใช้คำสั่งนี้ที่หัวโปรแกรม เพราะไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนี้จะไม่มีการเคลียร์ค่าตัวแปรเมื่อเกิดกระบวนการรีเซต แม้แต่กระบวนการรีเซตที่เกิดจากการตัดไฟก็มิอาจมั่นใจว่าตัวแปรทั้งหมดเป็น 0 หรือไม่

2.4.3.9 clearwdt

รูปแบบ clesrwdt

เป็นคำสั่งที่ใช้เคลียร์ค่าของ watchdog timer ที่เป็นออฟชั่นพิเศษที่มีในชิพตระกูลนี้
การใช้งาน watchdogสามารถดูได้จากข้อมูลจากดาต้าชีสของไอซีเบอร์นั้นๆ

2.4.3.10 count

รูปแบบ Pin,Periode,Var

เป็นคำสั่งที่ใช้นับจำนวนพัลส์ที่เข้ามายังพอร์ท(Pin)นั้นๆว่ามีกี่พัลส์ในเวลาที่เรากำหนดเป็นหน่วยมิลลิวินาที(Periode) แล้วเก็บค่าที่นับได้ไว้ที่ตัวแปร (Var) เช่น count porta.1,100,chai นับพัลส์ที่เข้ามายังพอร์ท a1 เป็นเวลา 100 มิลลิวินาที แล้วเก็บค่าที่นับได้ไว้ที่ตัวแปรชื่อ chai

2.4.3.11 data

รูปแบบ data @location,constant,constant…..

เป็นคำสั่งที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลลงหน่วยความจำข้อมูลภายใน(มีเฉพาะบางเบอร์ เท่านั้น เช่น 16f84 16f877) ซึ่งเป็นหน่วยความจำชนิด eeprom และคำสั่งนี้จะเป็นการบันทึกโดยการโปรแกรมครั้งแรก คือเมื่อเราทำการดาวโหลดเรียบร้อยก็จะมีข้อมูลในส่วนนี้เกิดขึ้นโดยอัตโนมัติ เช่น

data @5,10,20,30,54 เก็บค่าตัวเลข 10, 20, 30, 54 ไว้ใน eeprom โดยเริ่มที่ตำแหน่งที่ 5 ของ eeprom

2.4.3.12 dtmfout

รูปแบบ Pin,{Onms,Offms,}[tone,tone,…]

เป็นการส่งสัญญาณเสียงโทรศัพท์ออกไปที่พอร์ทที่กำหนด โดย Onms คือ ระยะเวลาที่เสียงแต่ละเสียงดังขึ้นมีหน่วยเป็นมิลลิวินาที, Offms คือระยะเวลาที่แต่ละเสียงเว้นช่วงมีหน่วยเป็น มิลลิวินาที ถ้าหากไม่กำหนด ค่าทั้งสองจะถูกกำหนดเป็น 200 มิลลิวินาทีโดยอัตโนมัติ ส่วนหมายเลขโทรศัพท์จะแทนด้วย เลข 0-15 โดย หมายเลข 0-9 แทนเลขหมาย 0-9 เลข 10 แทน * เลข11 แทน # เลข12-15 แทน A B C D ตามลำดับ

ตัวอย่าง dtmfout portc.0,300,500,[0,3,5,4,2,1,3,5,5] เป็นการส่งโทนเรียกเลขหมาย 035421355 โดยจะมีเวลาในการดัง 300 มิลลิวินาที และ ระยะห่างระหว่างเลขหมาย 500 มิลลิวินาที

2.4.3.13 eeprom

รูปแบบ location,[constant,constant,…]

ใช้ในการเขียนค่าคงที่ลงใน eeprom ภายใน โดยเริ่มที่ตำแหน่ง location ที่กำหนดซึ่งการเขียนค่าดังกล่าวจะกระทำขณะที่คอนโทรลเลอร์ทำงานซึ่งจะต้องระวังไม่ให้เกิดการเขียนแบบวนลูปไม่รู้จบซึ่งจะทำให้เสียหายได้ และการเขียนข้อมูลลง eeprom จะต้องใช้เวลาระยะหนึ่ง ซึ่งบางครั้งผู้ใช้งานจะต้องคำนึงถึงเวลาในส่วนนี้ด้วย

ตัวอย่าง eeprom 5,[23,36,54]

เป็นการเขียนค่า 23,36,54 ลงใน eeprom โดยเริ่มที่ location ที่ 5

2.4.3.14 end

รูปแบบ end

ใช้ในการหยุดโปรแกรมเมื่อคอนโทรลเลอร์เจอคำสั่งนี้จะเข้าสู่ sleep mode และอินพุทเอาร์พุทต่างๆ จะยังคงสถานะสุดท้ายไว้เช่น ถ้าเอาร์พุทเป็น high ก็จะเป็นอย่างนั้นอยู่ต่อไปแม้จะเข้าสู่ sleep mode ก็ตาม

2.4.3.15 for……next

รูปแบบ for count = start to end {step {-} inc } {body} next count

เป็นคำสั่งที่ใช้ในการวนลูปทำกลุ่มคำสั่งตามที่เรากำหนด ตัวอย่างเช่น

```
for b = 20 to 2 step -2
high portc.0
```

```
dog = dog +1
next b
```

2.4.3.16 freqout

รูปแบบ Pin,Onms,f1,f2…

เป็นคำสั่งที่ใช้ส่งสัญญาณความถี่ออกที่พอร์ทใดๆเป็นระยะเวลาที่เรากำหนดมีหน่วย เป็นมิลลิวินาที โดย Pin คือพอร์ทที่ต้องการผลิตความถี่นั้น Onms คือระยะเวลาที่ต้องการมีหน่วยเป็นมิลลิวินาที f1,f2,f3 เป็นความถี่ที่ต้องการ โดยมีค่าได้ตั้งแต่ 0 – 32767 Hz

ตัวอย่าง freqout portd.2, 300,256,659,587

เป็นคำสั่งให้ส่งความถี่ 256 659 587 Hz ตามลำดับ โดยแต่ละความถี่ถูกส่งเป็นเวลา 300 มิลลิวินาที

2.4.3.17 gosub

รูปแบบ gosub label

เป็นรูปแบบของคำสั่งที่ให้กระโดดไปยังโปรแกรมย่อยและจะกลับมายังคำสั่งต่อไป เมื่อพบคำสั่ง return ดังนั้นต้องไม่ลืมว่าโปรแกรมย่อยที่เขียนขึ้นจะต้องปิดท้ายด้วย คำสั่ง return มิฉะนั้นโปรแกรมอาจจะผิดพลาดได้

```
ตัวอย่าง gosub chusak
…….
…….
…….
chusak:
high portb.2
low portc.5
sound portb.4,[50,200]
return
```

2.4.3.18 goto

รูปแบบ goto label

เป็นคำสั่งที่ใช้ในการกระโดดไปยัง label ที่ต้องการ

```
เช่น goto win
…
```

```
win:
 high portd.3
serout 0.n2400,[“ hi”]
```

2.4.3.19 high

รูปแบบ high Pin

ใช้สั่งให้พอร์ทเอาร์พุทใดๆเป็นลอจิก 1 ต้องอย่าลืมว่าพอร์ทที่สั่งจะต้องเป็นเอาร์พุท และการต่อฮาร์ดแวร์จะต้องไม่ทำให้พอร์ทเสียหายเช่น ต่อพอร์ทลงกราวด์

ตัวอย่างการใช้คำสั่ง

```
high portb.7 ‘ให้พอร์ท b7 เป็น1
high porta.3 ‘ให้พอร์ท a3 เป็น1
pause 3000 ‘หน่วงเวลา 3 วินาที
```

2.4.3.20 if…..then

รูปแบบ if ……then label หรือ if……..then …….else…….endif

เป็นคำสั่งที่ใช้ในการกระโดดตามเงื่อนไขที่กำหนดโดยมีรูปแบบการใช้ 2 รูปแบบคือ ถ้าเป็นจริงจะกระโดดไปยัง label ที่อยู่ตามหลัง then ถ้าไม่เป็นจริงก็จะกระทำคำสั่งถัดไปหรืออีกรูปแบบหนึ่งก็คือจะกระทำคำสั่งบรรทัดต่อจากคำสั่ง then ถ้าเงื่อนไขเป็นจริง แต่ถ้าเงื่อนไขไม่เป็นจริง ก็จะกระโดดไปทำคำสั่งหลัง else หรือถ้าไม่มีการใช้คำสั่ง else ก็จะไปทำคำสั่งที่ต่อจาก endif ตัวอย่างเช่น

รูปแบบที่1

```
if porta.2=1 then drive
if (portd.3=1) and (portc.2=0) then main2
if (sensor=10) then label3
```

รูปแบบที่ 2

```
if sensor3=1 then                    if sensor5=0 then
high portc.2                         low portc.3
low portc.3          หรือ            pause 200
else                                 endif
high portc.3
low portc.2
endif
```

2.4.3.22 input

รูปแบบ input Pin

เป็นการกำหนดให้พอร์ทใดๆทำหน้าที่เป็นอินพุท

ตัวอย่างเช่น

portb.3 var led

input portb.3 หรือจะใช้ input led จะให้ความหมายเหมือนกัน

2.4.3.23 low

รูปแบบ low Pin

เป็นการสั่งให้พอร์ทที่เป็นเอาร์พุทอยู่แล้วมีสถานะเป็น 0 หรือ low นั่นเอง

เช่น portb.0 var led

output portb.0

low led

2.4.3.24 nap

รูปแบบ nap Period

เป็นคำสั่งที่ให้ตัว cpu เข้าสู้สภาวะประหยัดพลังงานซึ่งคาบเวลาที่เข้าสู่สภาวะดังกล่าว สามารถประมาณได้ดังนี้

Period Delay

0 18 มิลลิวินาที

1 36 มิลลิวินาที

2 72 มิลลิวินาที

3 144 มิลลิวินาที

4 288 มิลลิวินาที

5 576 มิลลิวินาที

6 1.152 วินาที

7 2.304 วินาที

ตัวอย่างเช่น

nap 7 ‘เข้าสู่ low power pause เป็นเวลา 2.3 วินาที

2.4.3.25 output

รูปแบบ output Pin

เป็นคำสั่งที่ใช้สั่งให้พอร์ทใดๆทำหน้าที่เป็นเอาร์พุท

ตัวอย่างเช่น

portb.0 var led

output led ‘หรือจะสั่ง output portb.0 ก็ได้

2.4.3.26 pause

รูปแบบ pause time

เป็นคำสั่งให้ cpu หยุดการทำงานชั่งคราว(ที่จริงแล้ว cpu จะทำคำสั่งที่ไม่เกิดผลใดๆ ในระยะเวลาหนึ่ง) โดยเมื่อ cpu ทำคำสั่งนี้จึงเสมือนว่าหยุดไปชั่วขณะโดยที่สถานะของพอร์ทต่างๆยังคงเดิม ระยะเวลาที่ใช้มีหน่วยเป็นมิลลิวินาที (เมื่อใช้สัญญาณนาฬิกา 4 Mhz) มีค่าได้มากสุด 65535 มิลลิวินาที

ตัวอย่างเช่น

pause 1000 ‘หยุดไป 1 นาที

2.4.3.27 pauseus

รูปแบบ pause time เช่นเดียวกับคำสั่ง pause แต่ค่าเวลามีหน่วยเป็นไมโครวินาที และ มีค่าได้น้อยที่สุด 24 ไมโครวินาทีเมื่อใช้ที่ความถี่ 4 Mhz

2.4.3.28 pulsing

รูปแบบ pulsin Pin,State,Var

เป็นคำสั่งที่ใช้วัดความกว้างของพัลส์ที่เข้ามาที่พอร์ทใดโดยสามรถเลือกได้ว่าจะวัดพัลส์ช่วงที่เป็น 1 หรือช่วงที่เป็น 0 โดยใส่ค่าของ State ที่ต้องการวัดลงไป แล้วค่าที่ได้จากการวัดจะถูเก็บไว้ที่ตัวแปร Var มีหน่วยเป็น 10 ไมโครวินาทีถ้าใช้สัญญาณนาฬิกา

4 MHz

ตัวอย่างเช่น

pulsin portb.4, 1, w3

วัดพัลส์บวกที่พอร์ท b3 แล้วเก็บค่าที่วัดได้ไว้ที่ w3

2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

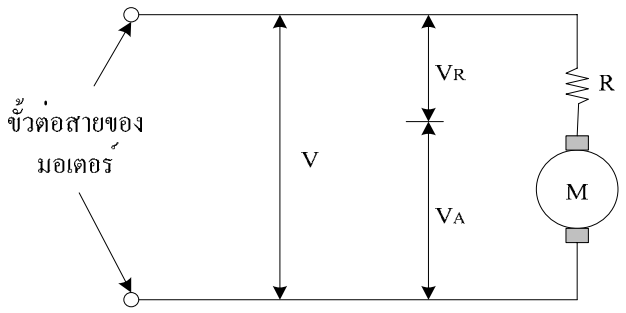
2.5.1 หลักการทำงานของมอเตอร์กระแสตรง [5]

เมื่อมีการผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปยังขดลวดในสนามแม่เหล็กจะทำให้เกิดแรงแม่เหล็กซึ่งมีสัดส่วนของแรงขึ้นกับกระแสแรงของสนามแม่เหล็ก โดยแรงจะเกิดขึ้นเป็นมุมฉากกับกระแสและสนามแม่เหล็ก ขณะที่ทิศทางของแรงกลับตรงกันข้ามกัน ถ้าหากกระแสของสนามแม่เหล็กไหลย้อนกลับจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกระแส และสนามแม่เหล็กเป็นผลทำให้ทิศทางของแรงเปลี่ยนไป ด้วยคุณสมบัตินี้ทำให้มอเตอร์กระแสตรงกลับทิศทางการหมุนได้

สนามแม่เหล็กของมอเตอร์ส่วนหนึ่งเกิดขึ้นจากแม่เหล็กถาวรซึ่งจะถูกยึดติดกับแผ่นเหล็ก หรือเหล็กกล้า โดยปกติส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ยึดอยู่กับที่ และ ขดลวดเหนี่ยวนำจะพันอยู่กับส่วนที่เป็นแกนหมุนของมอเตอร์

2.5.2 คุณสมบัติของมอเตอร์กระแสตรง

ในการอธิบายคุณสมบัติของมอเตอร์กระแสตรงให้ละเอียดนั้นต้องพิจารณาแรงดันที่ป้อนและความต้านทานของโรเตอร์ด้วย วงจรภายในของมอเตอร์เขียนได้ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 วงจรภายในของมอเตอร์กระแสตรง

โดยสมมติให้ทุ่นโรเตอร์ไม่มีความต้านทานอยู่เลย อนุกรมกับความต้านทานซึ่งในที่นี้ก็คือความต้านทานของขดลวดนั่นเอง แรงดันที่ขั้วต่อสายของมอเตอร์ก็คือผลบวกระหว่างแรงดันที่ทุ่นโรเตอร์ (V_A) และ แรงดันตกคร่อมความต้านทานขดลวด (V_R)

แรงดัน V_A ถูกเรียกว่า แรงเคลื่อนเหนี่ยวนำป้อนกลับ (BACK EMF) ซึ่งเกิดขึ้นในโรเตอร์ขณะที่หมุน แรงดันที่เกิดขึ้นนี้เป็นไปตากกฎของการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าจากการเคลื่อนที่ของตัวนำใน

สนามแม่เหล็ก สัมพันธ์กับแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำแม่เหล็ก และ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของตัวนำ แรงดันที่เกิดขึ้นจะมีขั้วตรงกันข้ามกับแรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์ และ แปรผันตรงกับความเร็วในการหมุน ผลบวกของแรงดันที่ทุ่นโรเตอร์ (V_A) และแรงดันตกคร่อมขดลวด (V_R) ต้องเท่ากับแรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์ (V)

$$V = V_A + V_R \qquad (V)$$

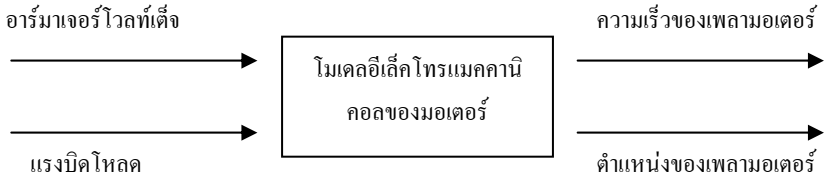
เมื่อพิจารณาตั้งแต่มอเตอร์หยุดนิ่ง ความเร็วมีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้น $V_A = 0$, $V_R = V$ กระแสที่ไหลในมอเตอร์หาได้จาก

$$I = V_R / R \qquad (A)$$

เมื่อมอเตอร์เริ่มหมุนจะมีความเร็ว และ V_A เพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงตามความเร็ว V_R ซึ่งมีค่าเท่ากับความแตกต่างระหว่าง V_A และ V จะเริ่มลดลงกระแส I ก็จะเริ่มลดลงเช่นกันขณะที่มอเตอร์ยังมีความเร่งอยู่ความเร็วจะเพิ่มขึ้น แรงบิดจะลดลงจนกว่าจะถึงจุดซึ่งแรงบิดของมอเตอร์รับภาระโหลดได้สมดุลพอดี ขณะที่มอเตอร์ไม่มีโหลด และ หมุนอย่างอิสระจะมีเพียงค่าความฝืดของแบริ่ง และ แรงต้านอากาศทำให้ V_A เกือบเท่ากับค่า V

2.5.3 โมเดลคณิตศาสตร์ของดีซีมอเตอร์ [6]

ดีซีมอเตอร์ที่ใช้ร่วมกับดีซีแอมปลิไฟล์ทั้งในระบบการบังคับตำแหน่งและการบังคับความเร็วมักจะได้รับการประยุกต์ใช้เป็นส่วนประกอบสร้างกำลังงานในระบบการนำร่องและระบบบังคับต่างๆ และเนื่องจากวิทยาการเกี่ยวกับสารแม่เหล็กและการขยายด้วยโซลิดสเตททำให้ดีซีมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรได้รับความนิยมใช้เป็นส่วนประกอบการขับเคลื่อนในระบบการบังคับแบบปิดลูฟต่างๆ มากขึ้น การออกแบบและการชดเชยระบบดังกล่าวได้อย่างเหมาะสมจะต้องใช้โมเดลทางคณิตศาสตร์ของส่วนประกอบทั้งหมดในระบบ



รูปที่ 2.13 แสดงอินพุตและเอาต์พุตของโมเดลทางคณิตศาสตร์ของมอเตอร์

บทที่ 3 การดำเนินงาน

ขั้นตอนการทำงานของเครื่องในส่วนของขั้นตอนการทำงานของเครื่องให้อาหารปลาบ่อพันธุ์ปลานิลแบบทุ่นลอยโดยพลังงานแสงอาทิตย์ สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนใหญ่ดังนี้

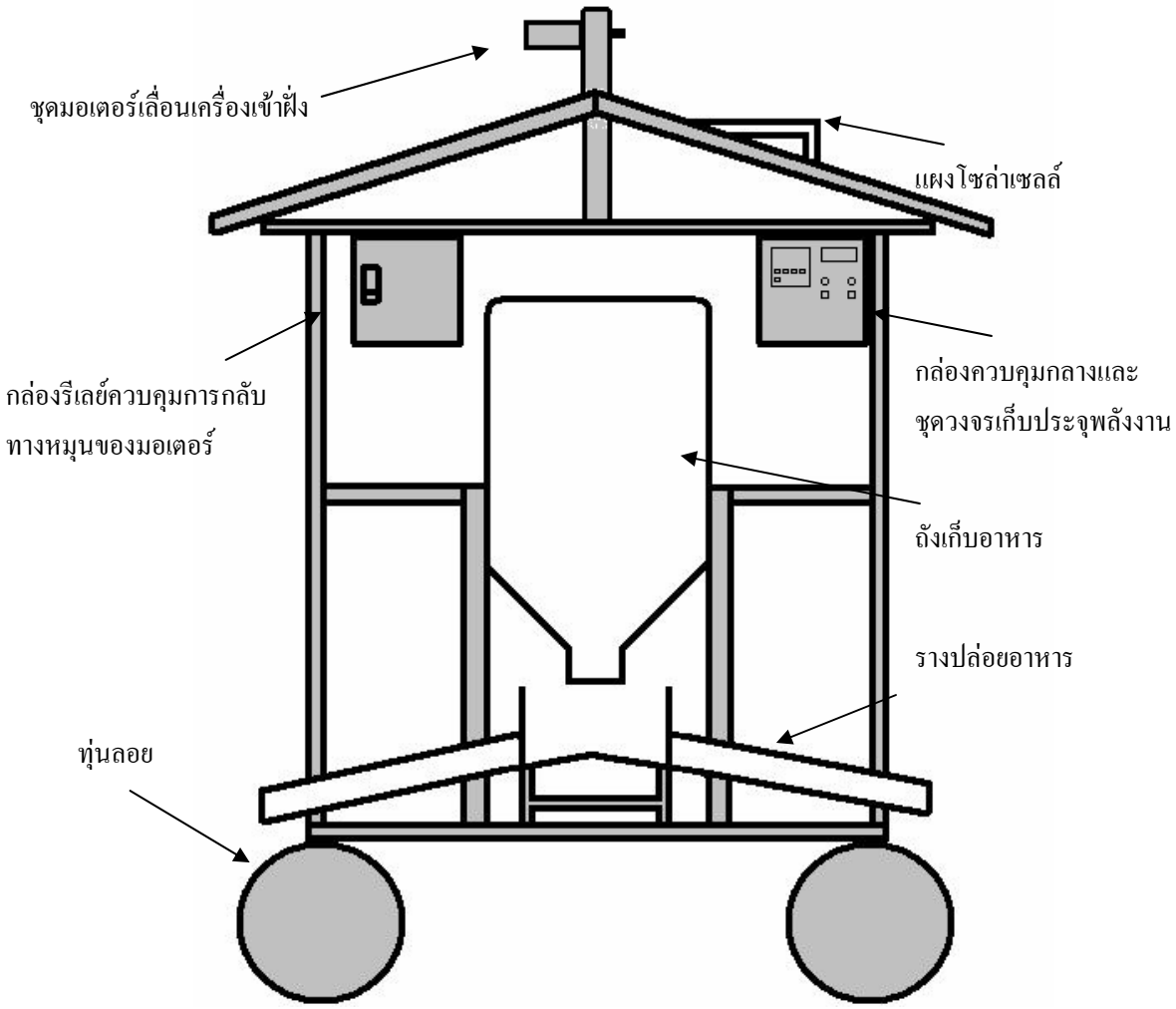
3.1 ส่วนประกอบทางโครงสร้างของเครื่องให้อาหารปลาบ่อพันธุ์ปลานิลแบบทุ่นลอยโดยพลังงานแสงอาทิตย์

3.2 ส่วนของระบบควบคุม

3.3 ส่วนการหาปริมาณอาหารปลานิลใช้ในการปล่อย

3.4 ส่วนชุดเก็บประจุพลังงานจากแผงโซล่าเซลล์

รูปที่ 3.1 รูปลักษณะของเครื่องให้อาหารปลาบ่อพันธุ์ปลานิลแบบทุ่นลอยโดยพลังงานแสงอาทิตย์



รูปที่ 3.2 รูปลักษณะของเครื่องให้อาหารปลาบ่อพันธุ์ปลานิลแบบทุ่นลอยโดยพลังงานแสงอาทิตย์และแสดงอุปกรณ์ต่างๆ

3.1 ส่วนประกอบทางโครงสร้างของเครื่องให้อาหารปลาบ่อพันธุ์ปลานิลแบบทุ่นลอยโดยพลังงานแสงอาทิตย์

ส่วนประกอบโครงสร้างของเครื่องให้อาหารปลาบ่อพันธุ์ปลานิลแบบทุ่นลอยโดยพลังงานแสงอาทิตย์นี้ สามารถแบ่งตามโครงสร้างทางกลดังนี้

1. ส่วนเปิดอาหารจากถังเก็บอาหารปลา
2. ส่วนของการปล่อยอาหารปลา
3. ส่วนของการเคลื่อนที่เข้าฝั่งเมื่ออาหารหมด
4. ส่วนของทุ่นและโครงยึดชิ้นส่วนต่างๆ

3.1.1 ส่วนเปิดอาหารจากถังเก็บอาหารปลา

อาหารปลาจากถังใส่อาหารปลาดังรูปที่ 3.3 ที่มีลักษณะทรงกระบอกก้นกรวยซึ่งช่วงของปากกรวยจะมีลิ้นปิดและเปิดอาหารจากช่องกรวยดังรูปที่ 3.4 ลิ้นปิดเปิดอาหารจะเลื่อนออกให้อาหารไหลตามรางลำเลียงอาหารโดยลิ้นปิดเปิดอาหารจะเชื่อมต่อเข้ากับแท่งเกลียวที่ยึดติดกับแกนโรเตอร์ของมอเตอร์เกียร์รอบต่ำดังรูปที่ 3.5 ที่ทนต่อลิ้นปิดเปิดอาหารที่รับน้ำหนักกดของอาหารปลา เลือกใช้มอเตอร์เกียร์กระแสตรง 24V ที่มีความเร็วรอบ ที่ 50 รอบต่อนาที (rpm) ตัดสินใจเลือกสิ้นปิดเปิดเพราะได้แนวความคิดจากไซโลโรงสีข้าวที่นำข้าวเข้าไปเก็บในไซโลแล้วช่วงปล่อยจะเป็นลิ้นในการปิดเปิดอาหาร

รูปที่ 3.3 ถังใส่อาหารปลา

รูปที่ 3.4 ลิ้นปิดเปิดอาหารจากถัง

รูปที่ 3.5 ชุดแท่งเกลียวดึงลิ้นปิดเปิดอาหาร

3.1.2 ส่วนของการปล่อยปลา

เมื่ออาหารปลาถูกปล่อยจากปากกรวยแล้วอาหารปลาจะตกลงในรางลำเลียงอาหารปลา ซึ่งเมื่อมาถึงส่วนนี้อาหารจะถูกลิ้นปิดเปิดรางอาหารปลากั้นเพื่อปล่อยอาหารให้ได้ตามปริมาณคำนวณไว้ ซึ่งรางอาหารนี้จะมีอยู่สองด้านของตัวเครื่อง ดังรูปที่ 3.6 เพื่อปล่อยอาหารให้สมดุลตัวรางจะทำมุม 45° กับฐานของถังใส่อาหารปลา ในส่วนของลิ้นปิดเปิดรางให้อาหารนั้นจะใช้มอเตอร์เกียร์รอบต่ำ 12 V ความเร็ว 50 รอบต่อนาที (rpm) ดังรูปที่ 3.7 ตัวลิ้นปิดเปิดนั้นใช้เป็นแผ่นเหล็กขนาด 10×10 ซม. ดังรูปที่ 3.7 ซึ่งจะพอดีกับภายในราง

รูปที่ 3.6 รางปล่อยอาหารปลา

รูปที่ 3.7 มอเตอร์เกียร์ที่ใช้เลื่อนลิ้นปิดเปิด

3.1.3 ส่วนของการเคลื่อนที่เข้าฝังเมื่ออาหารหมด

เครื่องใช้มอเตอร์เกียร์กระแสตรงขนาด 12 V ความเร็วรอบ 50 รอบต่อนาที (rpm) ซึ่งส่วนแกนมอเตอร์จะยึดล้อพลาสติกแบบเป็นร่องทรงแหลมขนาดความกว้างของร่อง 1 ซม. เส้นผ่านศูนย์กลาง 5 ซม. ดังรูปที่ 3.8 ตัวร่องล้อจะแคล้วอยู่กับสายสริง ซึ่งส่วนกลางของสายสริงที่อยู่กลางและส่วนริมฝังจะมีแคล้มประกบสายขันไว้เพื่อให้รีมิตสวิทซ์ชนเพื่อหยุดการทำงานของมอเตอร์

รูปที่ 3.8 ล้อพลาสติกที่ยึดติดกับแกนมอเตอร์

3.1.4 ส่วนของทุ่นและโครงยึดชิ้นส่วนต่างๆ

การที่เลือกใช้ทุ่นที่ทำจากถังน้ำมัน 200 ลิตร นั้นสามารถที่จะรับน้ำหนักอุปกรณ์ต่างๆได้ดีกว่า ซึ่งภาระโหลดที่ทุ่นจะต้องรับได้แก่

- ชุดให้อาหาร
- ถังใส่อาหารปลารวมอาหารปลา
- แบตเตอรี่จำนวน 2 ลูก
- กล่องวงจร
- ชุดโครงเหล็กโครงสร้างทั้งหมดของตัวเครื่อง
- มอเตอร์ของแต่ละชุดทำงาน จำนวน 4 ตัว
- แผงโซล่าเซลล์

เครื่องให้อาหารปลาบ่อพันธุ์ปลานิลแบบทุ่นลอยโดยพลังงานแสงอาทิตย์มีน้ำหนักโดยรวมน้ำหนักประมาณ 87.8 กิโลกรัมจะทำให้ทุ่นลอยกินน้ำลึกเท่ากับ 16 เซนติเมตร ซึ่งตัวถังมีเส้นผ่านศูนย์กลางของปากถัง 60 เซนติเมตรตัวถังจะจมน้ำลงประมาณครึ่งถังในลักษณะแนวนอน ดังรูปที่ 3.9

รูปที่ 3.9 ระดับตัวถังที่จมน้ำขณะที่ยังไม่ใส่อาหาร

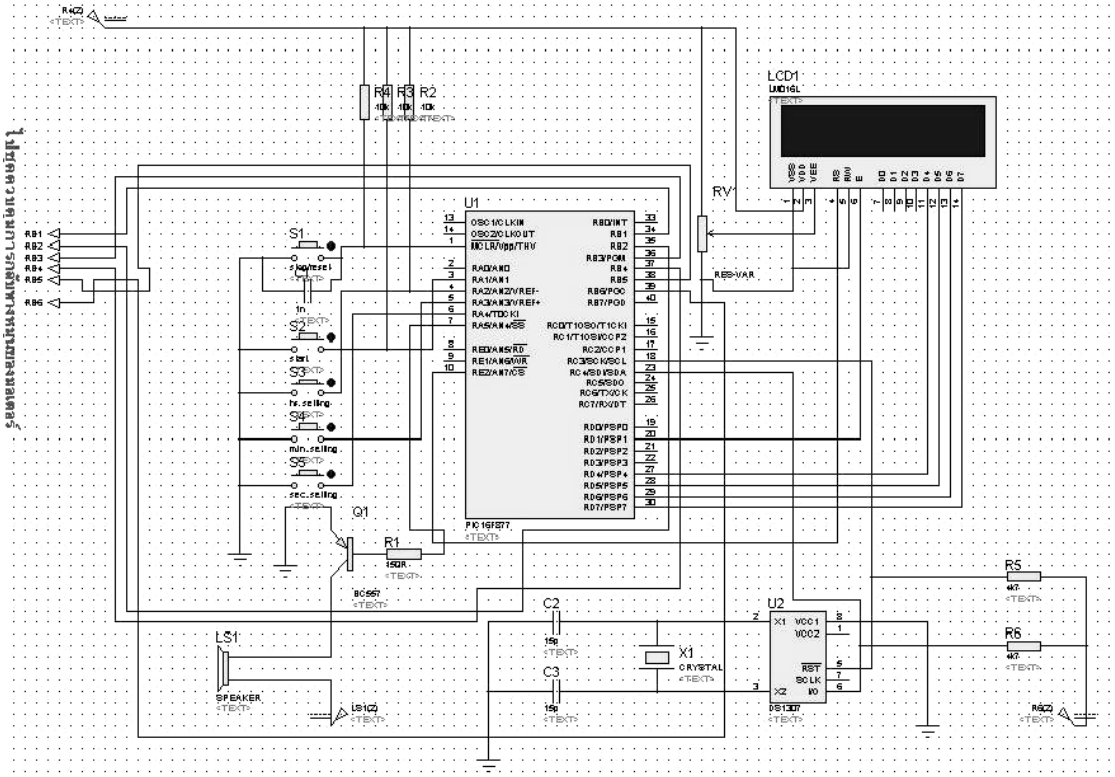
3.2 ส่วนของระบบควบคุม

ระบบควบคุมของเครื่องให้อาหารปลาบ่อพันธุ์ปลานิลแบบทุ่นลอยโดยพลังงานแสงอาทิตย์สามารถแยกออกเป็น 2 ส่วนด้วยกันคือ

1. วงจรควบคุมการเปิดปิดอาหารจากถังเก็บอาหารปลาและวงจรปล่อยอาหารปลา
2. การเคลื่อนที่เข้าฝั่งเมื่ออาหารหมด

3.2.1 วงจรควบคุมการเปิดปิดอาหารจากถังเก็บอาหารปลาและวงจรปล่อยอาหารปลา

วงจรควบคุมการเปิดปิดอาหารจากถังเก็บอาหารปลา เป็นวงจรสำหรับควบคุมการเปิดปิดปากกรวยให้อาหารเป็นไปอย่างอัตโนมัติ โดยจะรับคำสั่งจาก ไอซี Real time clock ซึ่งไอซีตัวนี้จะเป็นเก็บข้อมูลเวลาที่จะส่งทำงานเป็นช่วงเวลาที่ตั้งไว้



รูปที่ 3.10 วงจรควบคุมการเปิดปิดอาหารจากถังเก็บอาหารปลาและวงจรปล่อยอาหารปลา

3.2.2 การเคลื่อนที่เข้าฝั่งเมื่ออาหารหมด

การเคลื่อนที่เข้าฝั่งเมื่ออาหารหมด เป็นการควบคุมการเคลื่อนที่ตัวเครื่องให้อาหารปลาบ่อพันธุ์ปลานิลแบบทุ่นลอยโดยพลังงานแสงอาทิตย์ให้เลื่อนเข้าฝั่งเมื่ออาหารในถังเก็บอาหารหมดจะมีรีมิตสวิตซ์เป็นตัวตรวจจับว่ามีอาหารในถังเก็บอาหารโดยการใช้วิธีให้อาหารทับในส่วนที่เป็นแผ่นเหล็กส่วนบนของรีมิตสวิตซ์ เงื่อนไขที่ตั้งไว้คือ

- อาหารมีในถังเก็บอาหารรีมิตวิตซ์จะยังไม่ให้สัญญาณไปยัง ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อสั่งหยุดทำงานทั้งระบบ

- อาหารหมดในถังเก็บอาหารรีมิตสวิตซ์จะให้สัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อสั่งหยุดทำงานทั้งระบบและตัวเครื่องถึงจะเลื่อนเข้าสู่ฝัง

3.3 การหาปริมาณอาหารปลานิลใช้ในการปล่อย

ในการหาปริมาณอาหารที่ให้แก่ปลานิลนั้นได้ใช้การสัมภาษณ์จากเกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลโดยตรง แล้วกำหนดให้เครื่องปล่อยอาหารให้ได้ใกล้เคียงกับจำนวนอาหารที่เกษตรกรให้ซึ่งสามารถทำให้อาหารออกตามจำนวนใกล้เคียงที่ 4.7 กิโลกรัม ในการให้อาหารปลานิลนั้นเกษตรกรจะให้อาหารอยู่ 3 ช่วงเวลา คือช่วง เวลา 08.00 น., 12.00 น. และ 17.00 น. ซึ่งปริมาณอาหารที่ให้แก่ปลานั้นจะให้ครั้งละ 5 กิโลกรัมต่อบ่อ

3.4 ส่วนชุดเก็บประจุพลังงานจากแผงโซล่าเซลล์

ชุดเก็บประจุพลังงานจากแผงโซล่าเซลล์จะออกแบบให้ตัวแผงโซล่าเซลล์ติดตั้งให้ขนานกับพื้นโลกเพื่อการรับแสงอาทิตย์ได้ดี โดยใช้แผงโซล่าเซลล์ 1 แผงขนาด 17.6 โวลท์ กระแสที่ผลิตได้ 3.13 แอมป์ กำลังที่ทำได้ 55 วัตต์ ซึ่งแผงโซล่าเซลล์จะต่อเข้าวงจรชาร์จเพื่อเก็บพลังงานเข้าสู่แบตเตอรี่ดังรูปที่ 3.11

รูปที่ 3.11 ชุดเก็บประจุพลังงานจากแผงโซล่าเซลล์

บทที่ 4 ผลการทดลอง

โครงงานเครื่องให้อาหารปลาบ่อพันธุ์ปลานิลแบบทุ่นลอยโดยพลังงานแสงอาทิตย์ (Tilapia Nilotica Feeding Machine: Type Buoy by Solar Cell) เป็นแนวทางในการพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านเกษตรกรรมและเพื่อแทนการใช้แรงงานคน โดยมีลักษณะเป็นทุ่นลอยน้ำปล่อยอาหารปลานิลแบบเม็ดสู่ในบ่อที่มีพื้นที่ขนาด 440 ตารางเมตรแบบเครื่องอยู่กลางให้กระจายที่กลางบ่อ โดยใช้ Real Time clock เป็นตัวเก็บข้อมูลเวลาที่ต่อไว้ มีไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC16F877) เป็นตัวรับค่าเวลาจาก Real Time clock และประมวลผลหลัก แล้วส่งต่อไปควบคุมมอเตอร์ชุดปิดเปิดอาหารปลา ในการทดลองเพื่อเก็บผลของเครื่องให้อาหารปลาบ่อพันธุ์ปลานิลแบบทุ่นลอยโดยพลังงานแสงอาทิตย์ นั้นสามารถเก็บผลการทดลองได้ทั้งหมด 3 ส่วนหลักดังนี้

4.1 ผลทดลองทางโครงสร้างทางกลแบ่งออกเป็น 3 ผลการทดลอง
- ผลการทดลองของโครงสร้างยึดชิ้นส่วนต่างๆและทุ่นลอย
- ผลการทดลองของชุดปล่อยอาหารปลา
- ผลการทดลองการเคลื่อนที่เข้าฝั่งเมื่ออาหารหมด

4.2 ผลการทดลองทางการควบคุมการปล่อยอาหารซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ผลการทดลอง

4.3 ผลการทดลองการควบคุมการปล่อยอาหารจากถังเก็บอาหาร

4.4 ผลการทดลองการควบคุมการเคลื่อนที่เข้าฝั่งเมื่ออาหารหมด

4.5 ผลการทดลองการเก็บประจุพลังงานจากแผงโซล่าเซลล์

4.1 ผลทดลองทางโครงสร้างทางกลแบ่งออกเป็น 3 ผลการทดลอง

4.1.1 ผลการทดลองของโครงสร้างยึดชิ้นส่วนต่างๆและทุ่นลอย

ผลการทดลองของโครงสร้าง จะเป็นลักษณะการทดลองเรื่องการรับน้ำหนักภาระโหลดที่อยู่บนถังน้ำมันที่นำมาทำเป็นทุ่นลอย เพื่อที่จะดูว่าสามารถที่คงสภาวะทรงตัวได้ดีหรือไม่ จากการทดลองนี้จะเห็นได้ว่าเมื่อทดลองจริงแล้วทุ่นที่ทำจากถังน้ำมัน 200 ลิตร สามารถที่จะรับน้ำหนักโครงสร้างชิ้นส่วนต่างๆและอาหารปริมาณ 30 กก. และกินน้ำลึก 26.4 ได้ดีดังรูปที่ 4.1

4.1.2 ผลการทดลองของชุดปล่อยอาหารปลา

ผลการทดลองของชุดปล่อยอาหาร จะเป็นลักษณะของการทำงานของชุดมอเตอร์ดึงลิ้นปิดเปิดอาหารจากถังเก็บอาหาร ว่าผลทดลองที่ได้นั้นตรงกับที่คำนวณไว้หรือเปล่า

เรื่องเวลาในการโหลดอาหารนั้นจากการทดลองแล้วจะทำให้เครื่องเปิดลิ้นแล้วหน่วงเวลาไว้ 1 นาที อาหารที่ออกมานั้นจะอยู่ปริมาณที่ใกล้เคียงกับจำนวนอาหารที่เกษตรกรให้ 5 กิโลกรัมดังจะดูได้จากบทที่ 3 ซึ่งปริมาณที่ทำออกมานำอยู่ที่ 4.7 กิโลกรัมซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับจำนวนที่ตั้งไว้มาก

4.1.3 ผลการทดลองการเคลื่อนที่เข้าฝั่งเมื่ออาหารหมด

ผลการทดลองการเคลื่อนที่เข้าฝั่งเมื่ออาหารหมด จะเป็นการทดลองการเคลื่อนที่ของตัวเครื่องเข้าสู่ฝั่งเมื่ออาหารอยู่ส่วนของก้นถังในส่วนกรวยรีมิตสวิทซ์จะทริคสัญญาณเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์หยุดการทำงานแล้วเลื่อนเข้าฝั่งจากการทดลองแล้วเครื่องสามารถเลื่อนเข้าได้ดี

4.2 ผลการทดลองทางการควบคุมการปล่อยอาหาร

ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ผลการทดลอง

4.2.1 ผลการทดลองการควบคุมการปล่อยอาหารจากถังเก็บอาหาร

4.2.2 ผลการทดลองการควบคุมการเคลื่อนที่เข้าฝั่งเมื่ออาหารหมด

4.2.1 ผลการทดลองการควบคุมการปล่อยอาหารจากถังเก็บอาหาร

ผลจากการทดลองการควบคุมการปล่อยอาหารจากถังเก็บอาหาร ลิ้นที่ปิดเปิดอาหารนั้นสามารถปิดเปิดอาหารได้ดี ซึ่งการดึงลิ้นเข้าแล้วออกนั้นตัวชุดมอเตอร์ที่สามารถดึงลิ้นและดันลิ้นเข้าได้อย่างต่อเนื่องและสัญญาณที่ส่งมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถทำให้การเปิดปิดอาหารเป็นไปตามเงื่อนไข

4.2.2 ผลการทดลองการควบคุมการเคลื่อนที่เข้าฝั่งเมื่ออาหารหมด

ผลจากการทดลองการควบคุมการเคลื่อนที่เข้าฝั่งเมื่ออาหารหมด เมื่ออาหารในถังเก็บอาหารหมดตามเงื่อนไขที่ตั้งไว้โดยตามเงื่อนไขที่ตั้งไว้นั้นอาหารจะกดทับรีมิตสวิตซ์เมื่ออาหารหมดทุกระบบจะหยุดทำงานและเลื่อนตัวเครื่องเข้าฝั่ง

4.3 ผลการทดลองการเก็บประจุพลังงานจากแผงโซล่าเซลล์

ผลจากการทดลองการเก็บประจุพลังงานจากแผงโซล่าเซลล์ สามารถเก็บประจุพลังงานได้ตามกำหนดเพราะการใช้งานในแต่ละช่วงเวลาจะพลังงานไม่มากเนื่องจากการทำงานแต่ละครั้งจะอยู่ที่ 1 นาที พลังงานที่ทำได้ไม่ตก

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากวัตถุประสงค์โครงงานที่ผู้จัดทำโครงงานได้กำหนด และคาดว่าจะได้รับ คือได้ต้นแบบของเครื่องให้อาหารปลาบ่อพันธุ์ปลานิลแบบทุ่นลอยโดยพลังงานแสงอาทิตย์และลดต้นทุนการเพาะเลี้ยงพันธุ์ปลานิล

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

เครื่องให้อาหารปลาบ่อพันธุ์ปลานิลแบบทุ่นลอยโดยพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผู้จัดทำได้ออกแบบ และจัดทำขึ้นความสามารถในการให้อาหารปลานิล โดยใช้ระบบการปล่อยอาหารปลาแบบกลางบ่อเลี้ยง และสามารถปล่อยได้ตามเวลาที่กำหนดเป็นช่วงเวลาและสามรถควบคุมปริมาณอาหารปลาอีกด้วย และตัวโครงสร้างยังสามารถทรงตัวได้ดีในขณะลอยให้อาหารกลางบ่อระบบเก็บประจุพลังงานสามารถเก็บพลังได้ดี

การจัดทำโครงงานเริ่มต้นโดยได้มีการศึกษา และรวบรวมข้อมูลจากนั้นจึงทำการออกแบบโดยแบ่งการออกแบบเป็น 2 ส่วน คือด้านการออกแบบโครงสร้าง และการออกแบบวงจรควบคุมและวงจรเก็บประจุพลังงานจากแผงโซล่าเซลล์จนถึงการเขียนโปรแกรมควบคุม ในด้านการออกแบบโครงสร้างจะมองถึงส่วนของการทรงตัวของตัวเครื่องเมื่ออยู่กลางจึงให้ตัวเครื่องมีลักษณะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมลูกเต๋าเพื่อที่จะให้ตัวถังเก็บอาหารอยู่ตรงกลางลักษณะทำเป็นเรือนและการกดของน้ำหนักที่ทำให้สมดุล อีกด้านคือการออกแบบส่วนระบบควบคุมการทำงานโดยใช้ Microcontroller เมื่อออกแบบเสร็จแล้วจึงทำการจัดทำ และประกอบโครงสร้างเข้ากับกลไกจึงทำการทดสอบตัวโครงงานพร้อมกันทั้งหมด

โครงงานนี้ยังสามารถนำระบบควบคุมที่ใช้ในโครงงานไปประยุกต์ใช้กับการให้อาหารสัตว์เลี้ยงอื่นได้อีก และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้สะดวกขึ้น

5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข

ปัญหาที่เกิดขึ้นนั้นแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆคือ ส่วนของวงจรควบคุมทั้งหมดรวมถึงโปรแกรมที่ใช้สั่งกับ Microcontroller และส่วนของกลไกการทำงานของตัวโครงงาน

5.2.1 ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำโครงงาน

1. วงจรที่ใช้ในการควบคุม คือการใช้ระบบ Microcontroller เข้ามาควบคุมปัญหาที่เกิดขึ้นจะเป็นการถูกรบกวนจากสัญญาณความถี่ที่เกิดจากการทำงานของมอเตอร์และรีเลย์ ผลที่เกิดทำให้โปรแกรมที่ตั้งไว้เกิดการคลาดเคลื่อนจึงทำให้เกิดการผิดพลาดขึ้น

2. เก็บประจุพลังงานจากแผงโซล่าเซลล์ยังไม่สามารถเก็บพลังงานได้ดีเท่าที่ควรเนื่องจากการวางแผงโซล่าเซลล์ยังรับมุมไม่ดีเท่าที่ควร

5.2.2 จากปัญหาดังกล่าวนั้นสามารถแก้ไขโดย

1. วิธีการแก้ไขทางด้านการทำงานของวงจรที่ผิดพลาด คือการแยกกราวด์ไม่ให้รวมกับชุดมอเตอร์และรีเลย์โดยการนำคาปาซิเตอร์คร่อมขั้วของมอเตอร์และรีเลย์เพื่อลดความถี่รบกวน

2. วิธีการแก้ไขควรมีวงจรควบคุมการรับแสงของแผงโซล่าเซลล์ที่สามารถทำให้แผงโซล่าเซลล์ทำมุมรับแสงได้เต็มที่อยู่ตลอด

เอกสารอ้างอิง

1. กรมประมง, 2006, **ขั้นตอนการเลี้ยงปลานิลในบ่อดิน,** www.fisheries.go.th/khownladge/fish_ve/pa2.htm [2006, April 17].

2. กรมประมง, 2006, **การเพาะเลี้ยงปลานิล,** http://www.fisheries.go.th/it-network/knowledge/type of fish/typeoffish.htm [2006, April 17].

3. บริษัท ลีโอนิคส์ จำกัด, 2006, **ความรู้เกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์,** http://www.leonics.co.th/html/th/aboutpower/solar_knowledge.php [2006, Dec 1].

4. ไทยเอ็มซียู, 2006, **การเขียนโปรแกรม Microcontroller,** http://www.thaimcu.com/article/getstart/getstart1.html [2006, Dec 1].

5. ศุภชัย สุรินทร์วงศ์, 2535, **มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง,** กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

6. โยธิน เปรมปราณีรัชต์, 2526, **วิเคราะห์และออกแบบระบบควบคุมมอเตอร์,** กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า วิทยาเขตเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

7. ธีรวัฒน์ ประกอบผล, **การพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยภาษาซี,** กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น).

8. สมบูรณ์ เนียมกล่ำ, 2545, **คู่มือประกอบการใช้โปรแกรม PIC BASIC PRO COMPILER.** กรุงเทพฯ : สถาบันพัฒนาครูอาชีวศึกษา.

9. กฤษดา ใจเย็น และคณะ, 2545, **เรียนรู้และใช้งาน PIC BASIC PRO คอมไพเลอร์,** กรุงเทพฯ : อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์.

10. Paul Bergsman, **Controlling the World PC With Your**, CA : Hightext Publications, Inc.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นายรัฐพล ดุลยะลา

วัน เดือน ปีเกิด 11 พฤษภาคม 2525

ภูมิลำเนา 137/70 ถ.ริมคลองสมถวิล ต. ตลาด อ. เมือง จ. มหาสารคาม 44000

ประวัติการศึกษา

ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง
วิทยาลัยเทคนิคมหาสารคาม พ.ศ. 2542
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง
วิทยาลัยเทคนิคมหาสารคาม พ.ศ. 2544

ระดับอนุปริญญาตรี ประกาศนียบัตรครูเทคนิคชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง
วิทยาลัยเทคนิคมหาสารคาม พ.ศ. 2546

ระดับปริญญาตรี ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน พ.ศ. 2547

ระดับปริญญาโท ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พ.ศ. 2549

ประวัติการทำงาน

อาจารย์พิเศษสอน วิทยาลัยเทคนิคขอนแก่น 2549 - 2550
อาจารย์พิเศษสอน วิทยาลัยการอาชีพร้อยเอ็ด 2550 - ปัจจุบัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ข้อตกลงว่าด้วยการโอนลิขสิทธิ์วิทยานิพนธ์

วันที่ 2 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2550

ข้าพเจ้า นายรัฐพล คุลยะลา รหัสประจำตัว 48420020 เป็นนักศึกษาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี อยู่บ้านเลขที่ 137/70 ถ. ริมคลองสมถวิล ต.ตลาด อ.เมือง จ.มหาสารคาม รหัสไปรษณีย์ 44000 ขอโอนลิขสิทธิ์ในวิทยานิพนธ์ให้ไว้กับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี โดยมี รศ.ดร.ศักดิ์ กองสุวรรณ ตำแหน่งคณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี เป็นผู้รับโอนลิขสิทธิ์และมีข้อตกลง ดังนี้

1. ข้าพเจ้าได้จัดทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง เครื่องให้อาหารปลาบ่อพันธุ์ปลานิลแบบทุ่นลอยโดยพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งอยู่ในความควบคุมของ ผศ.ดร.ฉรงค์ มั่งคั่ง ตามมาตรา 14 แห่ง พ.ร.บ. ลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 และถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

2. ข้าพเจ้าตกลงโอนลิขสิทธิ์จากผลงานทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการสร้างสรรค์ของข้าพเจ้าในวิทยานิพนธ์ให้กับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ตลอดอายุแห่งการคุ้มครองลิขสิทธิ์ตามมาตรา 23 แห่งพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 ตั้งแต่วันที่ได้รับอนุมัติโครงร่างวิทยานิพนธ์จากมหาวิทยาลัย

3. ในกรณีที่ข้าพเจ้าประสงค์จะนำวิทยานิพนธ์ไปใช้ในการเผยแพร่ในสื่อใด ๆ ก็ตาม ข้าพเจ้าจะต้องระบุว่าเป็นผลงานของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีทุก ๆ ครั้งที่มีการเผยแพร่

4. ในกรณีที่ข้าพเจ้าประสงค์จะนำวิทยานิพนธ์ไปใช้ในการเผยแพร่หรืออนุญาต ให้ผู้อื่นทำซ้ำหรือดัดแปลงหรือเผยแพร่ต่อสาธารณชนหรือกระทำการอื่นใด ตามมาตรา 27, มาตรา 28, มาตรา 29 และมาตรา 30 แห่งพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 โดยมีค่าตอบแทนในเชิงธุรกิจ ข้าพเจ้าจะกระทำได้ เมื่อได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ลงชื่อ..... ผู้โอนลิขสิทธิ์

(นายรัฐพล คุลยะลา)

ลงชื่อ..... ผู้รับโอนลิขสิทธิ์

(รศ.ดร.ศักดิ์ กองสุวรรณ)

ลงชื่อ..... พยาน

(ผศ.ดร.ฉรงค์ มั่งคั่ง)

ลงชื่อ..... พยาน

(นางกิ่งแก้ว ผลระกูล)