ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

การออกแบบระบบควบคุมเครื่องนับวัตถุโดยการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

Counter object System Design by using Microcontroller

นายปฏิวัติ หงษ์เวียงจันทร์ รหัส 46380237

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 2 มิ.ย. 2553
เลขทะเบียน 1494093 ค2
เลขเรียกหนังสือ ฟง.
มหาวิทยาลัยนเรศวร ป/39 ก
2550

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2550

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรม

หัวข้อโครงงาน การออกแบบระบบควบคุมเครื่องนับวัตถุโดยการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

ผู้ดำเนินโครงงาน นายปฏิวัติ หงษ์เวียงจันทร์ รหัส 46380237

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ปิยดนัย ภาชนะพรรณ์

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

ปีการศึกษา 2550

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะกรรมการสอบโครงงานวิศวกรรม

.....ประธาน

(อาจารย์ปิยดนัย ภาชนะพรรณ์)

.....กรรมการ

(ดร.สมพร เรืองสินชัยวานิช)

.....กรรมการ

(ดร.ชัยรัตน์ พินทอง)

หัวข้อโครงงาน	การออกแบบระบบควบคุมเครื่องนับวัตถุโดยการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายปฏิวัติ หงษ์เวียงจันทร์ รหัส 46380237
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ปิยดนัย ภาชนะพรรณ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2550

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ในการพัฒนาระบบควบคุมการนับวัตถุในระบบสายพานลำเลียง และเปิด-ปิดรีเลย์ขณะใช้งานเสร็จ เพื่อสั่งให้มอเตอร์หยุดทำงานเมื่อต้องการ วิธีการดำเนินงานโครงงาน เริ่มด้วยการเก็บข้อมูลการลำเลียงวัตถุในระบบลำเลียงที่ใช้สายพานและใช้มอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อนในการทำงานของสายพานลำเลียง ต่อมานำข้อมูลมาวิเคราะห์และออกแบบระบบควบคุมการปิดเปิดรีเลย์ เมื่อนับวัตถุได้ตามต้องการตามที่เราตั้งค่าไว้โดยการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877

ผลที่ได้รับจากการทดสอบระบบควบคุมการนับวัตถุในระบบลำเลียงสายพาน ทำให้ทราบจำนวนการผลิตที่แน่นอนเพื่อที่จะได้กำหนดเป้าหมายการผลิตต่อวันได้อย่างแม่นยำยิ่งขึ้นซ้ำยังช่วยในการประหยัดเวลาและแรงงานได้ ซึ่งในตอนแรกนั้นได้ใช้คนงานนับจำนวนและเป็นผลให้เกิดความผิดพลาดของการนับบ่อยครั้งโดยที่ไม่สามารถแก้ปัญหาตรงนั้นได้เนื่องจากตัวคนงาน ซึ่งทำให้เกิดความผิดพลาดทางบุคคล (Human error) สูง ซึ่งโครงงานนี้สามารถทดแทนเวลาและแรงงานที่เสียไปได้อย่างดี

Project Title	Counter object System Design by using Microcontroller
Name	Mr.Patiwat Hongweangchan ID. 46380237
Project Advisor	Mr.Piyadanai Pachanapan.
Major	Electrical Engineering.
Department	Electrical and Computer Engineering.
Academic Year	2550

ABSTRACT

This project is studyies with Microcontroller to develop counting machine on belt-transportation system and to turn on and turn off relay when working finish to command stop the motor follow an order. The procedure of project is start by collecting information about the transportation an object in the transportation system that use machine belt and the motor are the main driving in work of the belt - transportation. After that, the controller will analyze information and design the relay control that turn on and turn off system, when the object are count follow the program setting by using Microcontroller PIC 16F877.

The result of testing is the counting an object control system in the machine belt transportation can know amount the certainly production that accurate determine an aim per day, and save to the time and manpower. At the first time using the laborer count an amount to make a mistake of counting that can not solve the problem because the worker makes a human error problem. The project can recover the time and labor in this procedure.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำโครงงานขอแสดงความขอบคุณพระคุณอย่างสูง ที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลือในทุกๆ ด้าน ขอขอบพระคุณอาจารย์ปิยดนัย ภาชนะพรรณ์ ที่สละเวลาอันมีค่าเป็นที่ปรึกษาโครงงานนี้ ขอขอบพระคุณ ดร.สมพร เรืองสินชัยวานิช และ ดร.ชัยรัตน์ พินทอง ที่คอยดูแลเป็นห่วงและให้คำปรึกษาเป็นอย่างดียิ่งจนทำให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ บิดามารดาเป็นบุคคลที่สนับสนุนทุกๆด้านในการทำโครงงาน และคอยให้กำลังใจตลอดมา และขอขอบคุณบุคคลที่มีส่วนร่วมในการจัดทำโครงงาน ที่คอยช่วยเหลือจนโครงงานนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี

ผู้จัดทำ

ปฏิวัติ หงษ์เวียงจันทร์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ฉ
สารบัญรูป ..... ช

บทที่ 1 บทนำ
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ 1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน 1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน 2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 2
1.6 งบประมาณที่ใช้ 2

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี
2.1 ศึกษากระบวนการทำงาน 3
2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16 F877 6
2.3 แมกเนติกคอนแทคเตอร์ 14
2.4 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่สำคัญ 14
2.5 ลูกลอย 20
2.6 จอแสดงผล LCD 21

บทที่ 3 การควบคุมระบบการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์
3.1 ขั้นตอนในการผลิตน้ำดื่มของโรงงาน 22
3.2 การทำงานของระบบควบคุม 23
3.3 การออกแบบการติดตั้งอุปกรณ์ 23

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4 การออกแบบระบบทางด้านอินพุต 23
3.5 การออกแบบระบบทางด้านเอาต์พุต 24
3.6 ทำการศึกษาวัดค่ากระแสและแรงดันของมอเตอร์ 25
3.7 การออกแบบโปรแกรมควบคุมเครื่องนับวัตถุโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 27
3.8 การออกแบบวงจรเครื่องนับวัตถุโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 29
3.9 การออกแบบฮาร์ดแวร์ 30

บทที่ 4 การทดลองและผลทดลอง
4.1 วางแผนทำการทดลอง 32
4.2 ตำแหน่งที่ต้องการติดตั้งอุปกรณ์ 32
4.3 ทำการศึกษาวิธีการนับจำนวนขวดน้ำของเครื่องบรรจุน้ำดื่ม 34

บทที่ 5 บทสรุป
5.1 สรุปผล 38
5.2 ประเมินผลและข้อเสนอแนะ 38
5.3 ปัญหาข้อเสนอแนะและแนวทางแก้ไข 38

ภาคผนวก 39
เอกสารอ้างอิง 49
ประวัติผู้จัดทำโครงงาน 50

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติ PIC16F87X ในแต่ละเบอร์	9
2.2 ตารางสรุปการทำงานของขาพอร์ตทั้งหมดของ PIC 16F877	11
3.1 ค่ากระแสและแรงดันมอเตอร์เดินสายพาน	26
4.1 ผลการนับขวดน้ำดื่มโดยใช้คนงาน	37
4.2 ผลการนับขวดน้ำดื่มโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์	37

มหาวิทยาลัยนเรศวร

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	เซนเซอร์พรอกซิมิตีแบบแปรค่ารีลักแตนซ์	5
2.2	เซนเซอร์แบบพรอกซิมิตีแบบฮอลเอฟเฟกต์	5
2.3	โครงสร้างการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877 รุ่น 40 ขา	7
2.4	ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC 16F877	10
2.5	แมคเนติกคอนแทคเตอร์	14
2.6	แสดงสวิตซ์แบบกด	15
2.7	ตัวต้านทานแบบค่าคงที่และแบบปรับค่าได้	15
2.8	สัญลักษณ์แทนตัวต้านทาน	16
2.9	ตัวเก็บประจุและสัญลักษณ์	16
2.10	แสดงภาพไดโอด	17
2.11	แสดงสัญลักษณ์และโครงสร้างของไดโอด	17
2.12	แสดงภาพทรานซิสเตอร์	18
2.13	แสดงสัญลักษณ์และโครงสร้างของทรานซิสเตอร์	18
2.14	แสดงภาพและสัญลักษณ์ของไดโอดเปล่งแสง	19
2.15	รีเลย์และสัญลักษณ์การทำงาน	20
2.16	ลูกลอยที่ต้องการติดตั้ง	20
2.17	LCD ที่ใช้ในโครงงาน	21
3.1	แสดงแผนภาพการทำงานของโรงงานน้ำดื่ม	22
3.2	แสดงการทำงานของระบบควบคุม	23
3.3	แสดงการออกแบบการติดตั้ง	23
3.4	แสดงการออกแบบระบบอินพุต	23
3.5	แสดงการออกระบบเอาต์พุต	24
3.6	แสดงวิธีการวัดกระแสและแรงดันของมอเตอร์เดินสายพาน	25
3.7	แสดงแผนผังการควบคุมระบบเครื่องนับวัตถุโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์	28
3.8	แสดงวงจรควบคุมการทำงานของเครื่องนับวัตถุด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์	29
3.9	แสดงลาย PCB	30
3.10	แสดงโครงสร้างภายในบอร์ดของฮาร์ดแวร์	30
3.11	แสดงภาพกล่องควบคุมที่ได้พัฒนาขึ้น	31

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.1	ตำแหน่งที่จะทำการติดตั้งเซนเซอร์	32
4.2	การติดตั้งเซนเซอร์ที่ด้านท้ายสุดของสายพานลำเลียง	32
4.3	ถังพักน้ำเพื่อรอการบรรจุน้ำลงขวด	33
4.4	ตำแหน่งที่ต้องการติดตั้งลูกลอยในถังพักน้ำ	33
4.5	เครื่องทำการล้างขวดเพื่อรอการบรรจุน้ำลงขวด	34
4.6	แสดงวิธีการนับขวดน้ำดื่มโดยใช้คนงาน	34
4.7	ขวดเปล่าที่รอทำการบรรจุน้ำดื่มลงในขวด	35
4.8	ขวดน้ำดื่มลำเลียงมาตามสายพานลำเลียงผ่านเซนเซอร์	35
4.9	เครื่องนับวัตถุโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำการนับขวดน้ำดื่ม	36
4.10	ขวดน้ำดื่มที่ทำการบรรจุเรียบร้อยแล้วรอการจำหน่ายออกสู่ตลาด	36

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

ในปัจจุบันเทคโนโลยีมีความก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว โดยมีการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ๆ อยู่ตลอดเวลา เพื่อรองรับความต้องการของผู้บริโภค ฉะนั้นจึงได้นำมาประยุกต์และประดิษฐ์อุปกรณ์ต่างๆ เพื่อทำระบบการควบคุมให้เหมาะสมกับงานที่ต้องการ และการใช้ไฟฟ้าในเครื่องมือและอุปกรณ์บางอย่างมีการใช้พลังงานอย่างไม่เต็มประสิทธิภาพหรือใช้เกินความจำเป็น ซึ่งทำให้มีการสูญเสียทรัพยากรโดยเปล่าประโยชน์ และได้เล็งเห็นความสำคัญนี้ เพื่อที่จะทำการลดพลังงานจึงได้มีการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ ดังนั้นจึงได้นำไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้ในการควบคุมการทำงาน ที่สามารถทำการเขียนโปรแกรมสั่งงานและยังมีหน่วยความจำที่เก็บค่าได้ จึงทำให้เป็นที่นิยมกันมากในปัจจุบัน นอกจากนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์ยังทำการแก้ไขคำสั่งบนโปรแกรมก่อนที่จะนำไปใช้งาน จึงสามารถตรวจสอบข้อผิดพลาดและประหยัดเวลาในการประดิษฐ์อุปกรณ์ควบคุม

ดังนั้น คณะผู้จัดทำจึงได้ทำการศึกษาวิธีการทำงานของเครื่องนับวัตถุ ทำให้ทราบว่าขณะ ที่มีการทำงานในระบบลำเลียงสายพานนั้นได้เสียเวลาไปเป็นจำนวนมาก ทำให้เกิดการสูญเสียเวลาไปโดยไม่เกิดประโยชน์ จึงนำไมโครคอนโทรลเลอร์มาประยุกต์ใช้ และทำการควบคุมการทำงานเครื่องนับวัตถุ เพื่อให้เกิดการประหยัดเวลาขณะที่ไม่ใช้งาน และยังนำไปพัฒนาใช้ในระบบควบคุมต่างๆ ได้

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาหลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877

1.2.2 เพื่อศึกษาการเขียนโปรแกรมภาษาเบสิกในการควบคุมการทำงาน

1.2.3 เพื่อศึกษาและออกแบบอุปกรณ์เครื่องนับวัตถุ

1.2.4 เพื่อทำการใช้งานเครื่องนับวัตถุได้จริง

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 ศึกษาข้อมูลและคุณลักษณะของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877

1.3.2 เขียนคำสั่งควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยภาษาเบสิก

1.3.3 ออกแบบอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องนับวัตถุได้

1.3.4 ทดลองการทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์กับเครื่องนับวัตถุ

1.3.5 ทดสอบการทำงาน วิเคราะห์และสรุปการทำงาน

1.4 แผนการดำเนินงานโครงงาน

กิจกรรม	ระยะเวลาดำเนินงาน						
	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.-เม.ย.	พ.ค.-มิ.ย.	ก.ค.
1. การตรวจวัดข้อมูลพื้นฐาน	←	→					
2. การออกแบบจำลองอธิบายข้อมูล		←	→				
3. การสร้างฮาร์ดแวร์ตามแบบจำลอง			←	→			
4. การทดสอบฮาร์ดแวร์			←	→			
5. การประเมินประสิทธิภาพของฮาร์ดแวร์				←	→		
6. การประเมินผลทางปฏิบัติและความเป็นจริง					←	→	
7. จัดทำรูปเล่มรายงาน							← →

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 สามารถนำระบบที่จำลองไปประยุกต์ใช้ได้จริงในอนาคต

1.6.2 มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับบอร์ด CP-PIC877 V1

1.6.3 สามารถใช้งานเครื่องนับวัตถุได้

1.6 งบประมาณของโครงงาน

1.7.1 ค่าวัสดุอุปกรณ์	500 บาท
1.7.2 ค่าเอกสาร	300 บาท
1.7.3 ค่าวัสดุอื่นๆ	200 บาท
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น	1,000 บาท (หนึ่งพันบาทถ้วน)

หมายเหตุ ถัวเฉลี่ยทุกรายการ

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 ศึกษากระบวนการทำงาน

ในการศึกษาและการออกแบบเครื่องตรวจนับวัตถุ โดยใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ CP-PIC877 V1 นั้นจำเป็นที่จะต้องมีความรู้พื้นฐานหลายส่วนมาประกอบกันเพื่อให้การนับจำนวนมีประสิทธิ์ภาพและความแม่นยำมากที่สุด จึงต้องมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับหัวข้อต่างๆ ดังนี้

หลักการพื้นฐานของเซนเซอร์

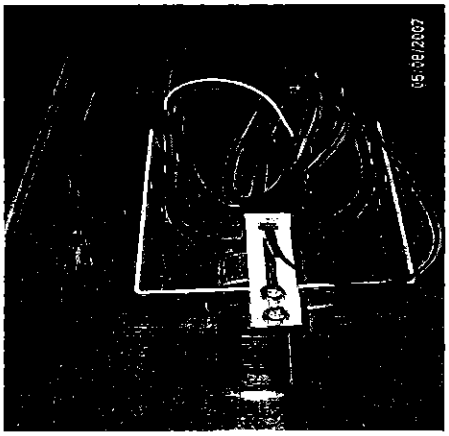
ในระบบวัดตลอดระบบควบคุมกระบวนการผลิตต่างๆ ทางอุตสาหกรรมนั้น อุปกรณ์หลักที่มีความสำคัญอย่างมากไม่ยิ่งหย่อนไปกว่าอุปกรณ์ส่วนอื่นในระบบการควบคุมเลย ก็คืออุปกรณ์เซนเซอร์ (sensor) โดยทั่วไป เซนเซอร์ คือ อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ หรือปริมาณทางฟิสิกส์ต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ แสง เสียง แรงทางกล ความดันบรรยากาศ ระยะขจัด ความเร็ว อัตราเร่ง ระดับของของเหลว เป็นต้นจากนั้นจะทำหน้าที่เปลี่ยนให้เป็นสัญญาณออก หรือปริมาณเอาต์พุตที่ได้จากการวัดในอีกรูปแบบหนึ่ง (measurable output) ที่สามารถนำไปประมวลผลต่อได้ ถึงแม้ว่าเซนเซอร์หลายชนิดจะให้สัญญาณออกมาในลักษณะของค่าความต้านทานไฟฟ้าที่เปลี่ยนไปตามปริมาณเทางฟิสิกส์ที่ตรวจสอบอยู่ แต่ก็ยังมีเซนเซอร์อีกมากมายเช่นกันที่สัญญาณออกในทางไฟฟ้าเป็นค่าของแรงดันไฟฟ้า (voltage) กระแสไฟฟ้า(current) หรือความถี่ (frequency) ด้วยสปริงสมดุล (spring balance) จะเห็นได้สัญญาณออกที่ได้จากเซนเซอร์มีมากมายหลายรูปแบบ ซึ่งการนำสัญญาณดังกล่าวไปใช้งานจึงต้องพิจารณาลักษณะของงานที่จะใช้ รวมถึงต้องอยู่ในรูปแบบ ซึ่งการสัญญาณดังกล่าวไปใช้งานจึงต้องพิจารณาลักษณะของงานที่ใช้รวมไปถึงต้องอยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมกับความต้องการในการแสดงผลของระบบที่ใช้งานอีกด้วย ในระบบการวัดและควบคุมกระบวนการมีคำศัพท์อยู่ 2 คำที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย และมักก่อให้เกิดความสับสนขึ้นได้บ่อยครั้ง นั่นคือ "เซนเซอร์ (sensor)" กับคำว่า "ทรานสดิวเซอร์ (transducer)" ซึ่งสองคำนี้มีความหมายคล้ายคลึงกันมากบางครั้งถูกนำมาใช้แทนกันได้ แต่โดยความเป็นจริงแล้ว มีความหมายและจุดประสงค์การใช้งานต่างกัน กล่าวคือ คำว่า ทรานสดิวเซอร์นั้นหมายถึงอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานรูปแบบหนึ่งไปเป็นพลังงานอีกรูปแบบหนึ่ง เช่นหลอดไฟที่ใช้ตามบ้านทั่วไปก็จะเป็นลักษณะของทรานสดิวเซอร์อย่างหนึ่งซึ่งเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นแสงสว่าง ซึ่งจุดประสงค์ก็คือทำหน้าที่ให้แสงสว่างมิใช่ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ตรวจจับ ในที่นี้จะกล่าวถึงเซนเซอร์ที่ใช้ในโครงงานนี้เท่านั้นเพื่อความกระชับในเนื้อหาและตรงกับการศึกษาในโครงงานนี้

พรอกซิมิตี (proximity)

การตรวจวัดแบบพรอกซิมิตี หมายถึง การตรวจชี้หรือแจ้งเตือน เมื่อตำแหน่งปัจจุบันของมนุษย์ สัตว์ หรือวัตถุ เข้ามาอยู่บริเวณพื้นที่ที่กำหนดไว้หรือเข้ามาใกล้บริเวณตำแหน่งที่ได้ทำการติดตั้งเซนเซอร์ไว้ ลักษณะการตรวจวัดแบบพรอกซิมิตีนี้ เป็นองค์ประกอบสำคัญที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรมโดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบตรวจสอบและแสดงผลตำแหน่งของผลิตภัณฑ์ในสายการผลิต ระบบนับจำนวนผลิตภัณฑ์บนสายพานการผลิตเพื่อที่จะนำไปบรรจุลงหีบห่อ การตรวจเช็คยอดคนที่เข้าไปใช้งานในสถานที่ให้บริการอื่นๆ

2.1.1 เซนเซอร์พรอกซิมิตีแบบแปรค่ารีลักแตนซ์ (variable reluctance proximity sensor)

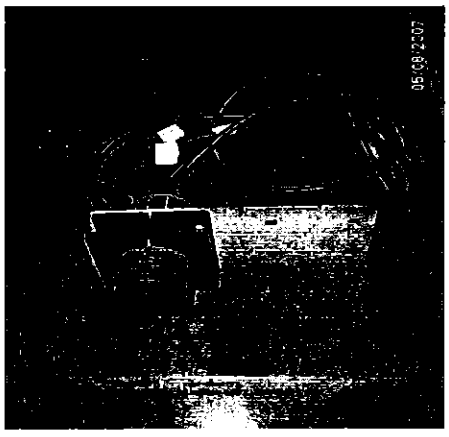
เซนเซอร์พรอกซิมิตีแบบแปรค่ารีลักแตนซ์ ซึ่งบางครั้งอาจเรียกอุปกรณ์แบบนี้ว่า "magnetic pick-up"เป็นอุปกรณ์แม่เหล็กขนาดเล็ก ใช้สำหรับตรวจวัดระยะขจัดเชิงมุม หลักการทำงานอาศัยตรวจสอบการแปรค่าของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (ค่ารีลักแตนซ์เปลี่ยนแปลง) เพื่อส่งผลให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นทางเอาต์พุตของเซนเซอร์ โครงสร้างของเซนเซอร์ประเภทนี้จึงประกอบด้วยขดลวดขนาดเล็กทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าบรรจุอยู่ในตัวถังที่เป็นฝาครอบป้องกัน และนำไปติดตั้งไว้ใกล้ กับแกนหรือเพลาหมุนที่ต้องการวัดระยะขจัดเชิงมุม เช่น การตรวจวัดตำแหน่งฟันเฟืองของเกียร์ที่ทำมาจากเหล็กเมื่อล้อเกียร์หมุนไปจนกระทั่งตำแหน่งฟันเกียร์ที่ทำมาจากเหล็กเข้าใกล้กับตำแหน่งหัว pick-up ทำให้ผลของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นทางเอาต์พุตของเซนเซอร์แรงดันเอาต์พุตที่เกิดขึ้นนี้จะมีลักษณะเป็นสัญญาณพัลส์สามารถแสดงผลได้ด้วยโวลต์มิเตอร์หรือแอมมิเตอร์ ดังนั้นการตรวจวัดระยะขจัดเชิงมุมที่เกิดขึ้นจากการหมุนของล้อเกียร์นี้จึงสามารถวัดหรือคำนวณได้จากจำนวนพัลส์ของแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากเซนเซอร์ โดยทั่วไปแล้วเซนเซอร์พรอกซิมิตีแบบแปรค่ารีลักแตนซ์สามารถนำไปใช้ในการตรวจสอบได้ระยะห่างจนถึง 2.5 mm โดยประมาณ และเนื่องจากเซนเซอร์ดังกล่าวถูกบรรจุอยู่ในตัวถังซึ่งเป็นฝาครอบป้องกันอย่างดีจึงมีความทนทานต่อสิ่งแวดล้อมต่างๆ เช่น อุณหภูมิ ความดัน หรือสารเคมีกัดกร่อน และสัญญาณรบกวนได้เป็นอย่างดี และเซนเซอร์พรอกซิมิตีแบบแปรค่ารีลักแตนซ์ยังเหมาะกับการใช้งานที่มีความเร็วปานกลางจนถึงความเร็วสูงอีกด้วย



รูปที่ 2.1 เซนเซอร์พรอกซิมิตีแบบแปรค่ารีลักแตนซ์

2.1.2 เซนเซอร์แบบพรอกซิมิตีแบบฮอลเอฟเฟกต์ (hall – effect proximity sensor)

เซนเซอร์แบบพรอกซิมิตีแบบฮอลเอฟเฟกต์ อาศัยหลักการทำงานของสนามแม่เหล็กเช่นเดียวกับเซนเซอร์พรอกซิมิตีแบบแปรค่ารีลักแตนซ์ โดยสามารถตรวจวัดสนามแม่เหล็กที่มีขนาดเล็กมากหรือสามารถตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงปริมาณเล็กน้อยของความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก. กระแสที่ไหลในตัวนำไฟฟ้าหรือในสารกึ่งตัวนำขึ้นกับปริมาณของเส้นแรงแม่เหล็กที่มากระตุ้น และการเปลี่ยนแปลงของกระแสนี้ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ตกคร่อมตัวนำนั้น ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นมีค่าเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำตกคร่อมตัวนำนั้น เส้นแรงแม่เหล็กที่มากระตุ้นและจากหลักการพื้นฐานดังกล่าวจึงสามารถนำเอาฮอลเอฟเฟกต์ไปใช้งานเป็นเซนเซอร์พรอกซิมิตีได้เช่นกัน ส่วนมากฮอลเอฟเฟกต์มักทำมาจากสารกึ่งตัวนำเนื่องจากผลการทำงานแม่นยำและเที่ยงตรง โดยส่วนมากนิยมทำมาจากสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำในลักษณะวงจรรวม เพื่อใช้ตรวจวัดการเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีโลหะจำพวกเหล็กเป็นองค์ประกอบ การใช้งานคล้ายกับเซนเซอร์พรอกซิมิตีแบบแปรค่ารีลักแตนซ์



รูปที่ 2.2 เซนเซอร์แบบพรอกซิมิตีแบบฮอลเอฟเฟกต์

2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877

โครงงานนี้ใช้ PIC 16F877 ซึ่งมีพอร์ตทั้งหมด 5 พอร์ต คือ PORTA 6 บิต, PORTB 8 บิต, PORTC 8 บิตและPORTD 8 บิต เป็นพอร์ตแบบมี 2 ทิศทาง คือ สามารถเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต และยังเป็นพอร์ตที่สามารถแปลงสัญญาณ ADC (Analog to Digital Converter) ได้อีกด้วย

2.2.1 หน่วยประมวลผลกลาง (CPU: Central Processing Unit)

CPU เปรียบได้กับสมองของคนเรา เพราะการคำนวณต่างๆ เกิดขึ้นที่ CPU ประกอบด้วยวงจรต่างๆ หลายวงจร เช่น วงจรถอดรหัสคำสั่ง (Instruction Decoder) จะทำหน้าที่แปลงคำสั่งทั้งหมดให้เป็นภาษาเครื่อง วงจรควบคุมเวลาและระบบการทำงาน (Timer and Control Unit) ตลอดจนหน่วยความจำภายใน Register, Adder, Subtraction, Buffer ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลและการประมวลผล เป็นต้น

2.2.2 หน่วยความจำ (Memory Unit)

ในการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาเบสิกให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นควรคำนึงถึงชนิดของหน่วยความจำ สำหรับหน่วยความจำในระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC นั้น จะมีหน่วยความจำในการใช้งาน 3 ประเภท ดังนี้

1. หน่วยความจำโปรแกรมแฟลช (Flash Program Memory)

หน่วยความจำแบบแฟลช (Flash ROM) มีคุณสมบัติในการเขียนและลบโปรแกรมได้มากกว่า 100,000 ครั้ง

2. หน่วยความจำโปรแกรม (Data Memory RAM)

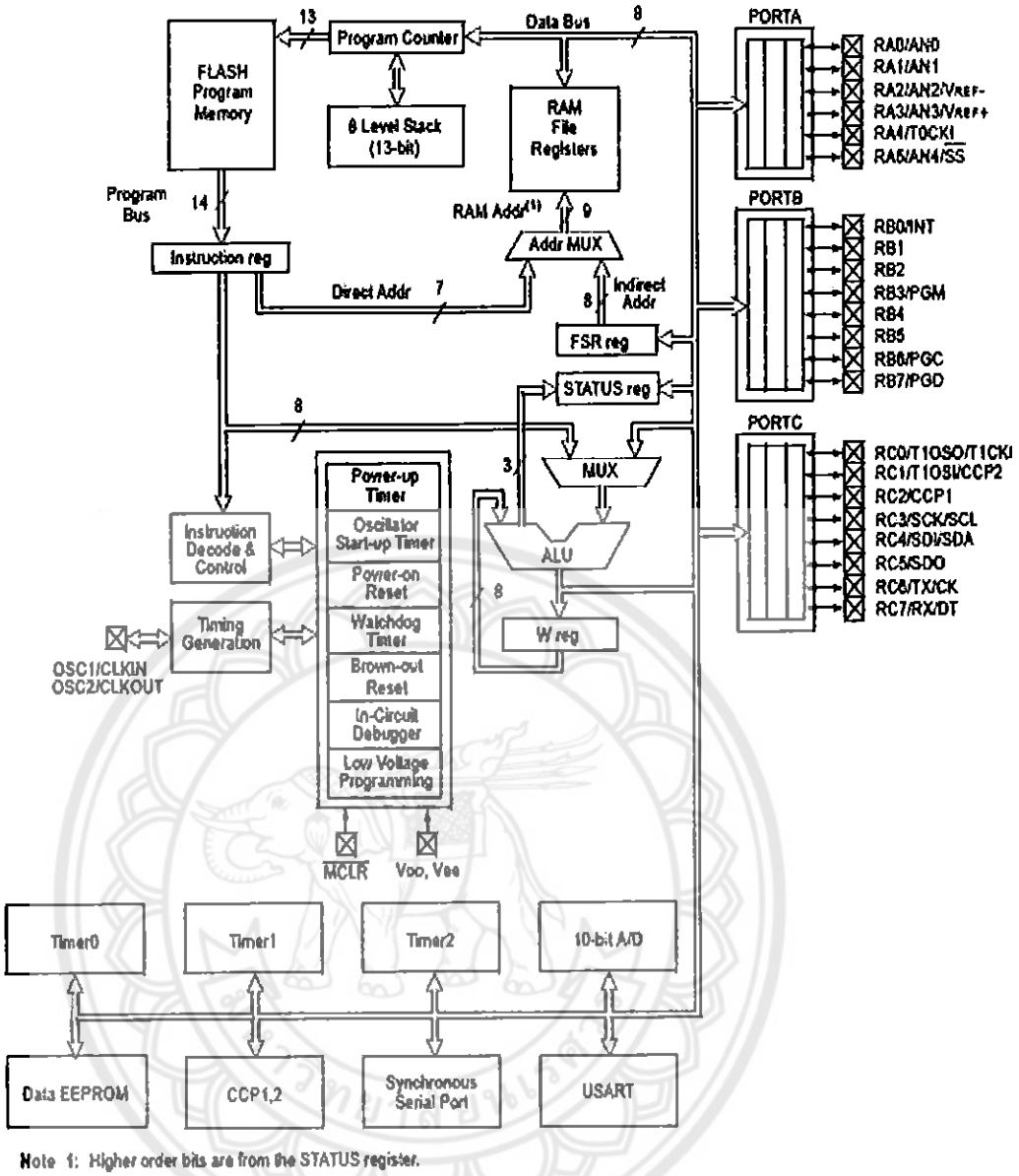
หน่วยความจำนี้สามารถเก็บข้อมูลขณะประมวลผลโปรแกรม สามารถอ่านและเขียนได้ขณะมีไฟเลี้ยง แต่เมื่อไม่มีไฟเลี้ยง ข้อมูลต่างๆ จะสลายไป

3. หน่วยความจำแบบอีอีพรอม (EEPROM Data Memory)

เป็นหน่วยความจำที่สามารถเขียนและลบโปรแกรมด้วยกระแสไฟฟ้าในหน่วยความจำถาวรของ PROM (Programmable Read Only Memory) โดยภายในจะมี RAM (Random Access Memory) ที่มีหน่วยความจำชั่วคราวให้เก็บข้อมูลได้ถาวรแบบหน่วยความจำ ROM (Read Only Memory) โดยสามารถเขียนและลบโปรแกรมจำนวนหลายๆ ครั้งได้

2.2.3 พอร์ตอินพุตและพอร์ตเอาต์พุต

ไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีพอร์ตไว้สำหรับติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอก แล้วแต่ความต้องการที่จะนำไปใช้งาน เช่น LCD, Pushbutton, Relay เป็นต้น พอร์ตอินพุตและพอร์ตเอาต์พุตยังสามารถแปลงสัญญาณ Analog to Digital Converter ได้



รูปที่ 2.3 โครงสร้างการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877 รุ่น 40 ขา

2.2.4 คุณสมบัติทางเทคนิคของ PIC 16F877

2.2.4.1 คุณสมบัติหลัก

- ซีพียูเป็นแบบ RISC (Reduced Instruction-Set Computer) มีคำสั่งใช้งานเพียง 35 คำสั่ง
- สามารถกระทำคำสั่งโดยใช้สัญญาณเพียงหนึ่งลูก
- ความถี่สัญญาณนาฬิกา ตั้งแต่ไฟตรงถึง 20 MHz
- หน่วยความจำโปรแกรมมี 8 กิโลเวิร์ด
- หน่วยความจำข้อมูลแรมหรือรีจิสเตอร์ (RAM) มี 368 ไบต์
- ขนาดหน่วยความจำข้อมูลอีอีพรอม (EEPROM) มี 256 ไบต์

- ตอบสนองกับอินเตอร์รัปต์ทั้งหมด 15 แหล่ง
- มีสแต็ก 8 ระดับ
- มีวงจรเพาเวอร์ออนรีเซต (POR: Power On Reset)
- มีเพาเวอร์อัปไทเมอร์ (PWRT: Power Up Timer)
- มีออสซิลเลเตอร์สตาร์ตอัปไทเมอร์ (OST: Oscillator Start-up Timer)
- วงจรวอตช์ด็อกไทเมอร์ (WDT: WATCHDOG Timer)
- มีระบบ Code Protection
- มีโหมดประหยัดพลังงาน
- สามารถโปรแกรมโดยใช้แรงดัน +5V ได้
- แก้ไขข้อมูลในหน่วยความจำโปรแกรมด้วยกระบวนการ ICD ผ่าพอร์ตเพียง 2 ขา
- ซีพียูสามารถอ่านและเขียนหน่วยความจำโปรแกรมได้
- ไฟเลี้ยง +2 ถึง +5.5V
- กระแสซิงก์และซอร์สของพอร์ต 25 mA
- การใช้พลังงานไฟฟ้าในกรณีไม่ขับโหลด

น้อยกว่า 25 mA ที่ไฟเลี้ยง +5V และสัญญาณนาฬิกา 4 MHz 20 μA ที่ไฟเลี้ยง +3V และสัญญาณนาฬิกา 32 MHz น้อยกว่า 1 μA ในโหมดประหยัดพลังงานหรือสแตนด์บาย

2.2.4.2 คุณสมบัติพิเศษเพิ่มเติม

- ไทเมอร์ 3 ตัว คือ ไทเมอร์ 0 ขนาด 8 บิต, ไทเมอร์ 1 ขนาด 16 บิต, ไทเมอร์ 2 ขนาด 8 บิต
- มีโมดูล CCP 2 ชุด โดย

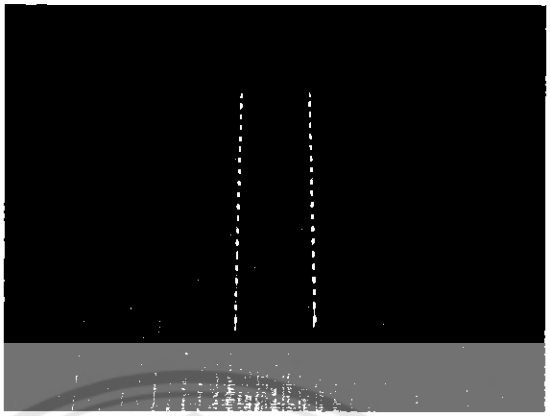
ตรวจจับสัญญาณ (Capture) มีขนาด 16 บิต ความละเอียดสูงสุด 12.5 นาโนวินาที เปรียบเทียบสัญญาณ (Compare) ขนาด 16 บิต ความละเอียดสูงสุด 12.5 นาโนวินาที

วงจร PWM มีความละเอียดสูงสุด 10 บิต

- มีวงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล 10 บิต
- วงจรเชื่อมต่ออุปกรณ์อนุกรมทั้ง SPI และบัส I^2C
- วงจรสื่อสารข้อมูลอนุกรม (USART) พร้อมการตรวจจับแอดเดรส 9 บิต
- มีวงจรตรวจจับระดับไฟเลี้ยง (Brown-out detection) เพื่อการรีเซตซีพียู

คุณสมบัติสำคัญ	PIC16F870	PIC16F871	PIC16F872	PIC16F873	PIC16F874	PIC16F876	PICF16F877
ความถี่สัญญาณนาฬิกา	DC 20 MHz	DC 20 MHz	DC 20 MHz	DC 20 MHz	DC 20 MHz	DC 20 MHz	DC 20 MHz
ส่วนรีเซต	POR, BOR	POR, BOR	POR, BOR	POR, BOR	POR, BOR	POR, BOR	POR, BOR
หน่วยความจำโปรแกรม	2K × 14 บิต	2K × 14 บิต	2K × 14 บิต	4K × 14 บิต	4K × 14 บิต	8K × 14 บิต	8K × 14 บิต
หน่วยความจำข้อมูลแรม	128 ไบต์	128 ไบต์	128 ไบต์	192 ไบต์	192 ไบต์	368 ไบต์	368 ไบต์
หน่วยความจำข้อมูลอีอีพรอม	64 ไบต์	64 ไบต์	64 ไบต์	128 ไบต์	128 ไบต์	256 ไบต์	256 ไบต์
อินเตอร์รัปต์	10	11	10	13	14	13	14
จำนวนพอร์ตอินพุตเอาท์พุต	พอร์ต A, B, C 22 บิต	พอร์ต A-E 33 บิต	พอร์ต A, B, C 22 บิต	พอร์ต A, B, C 22 บิต	พอร์ต A-E 33 บิต	พอร์ต A, B, C 22 บิต	พอร์ต A-E 33 บิต
จำนวนไทเมอร์/เคาน์เตอร์	3	3	3	3	3	3	3
โมดูลแคปเจอร์เปรียบเทียบ PWM	2	2	2	2	2	2	2
ส่วนสื่อสารข้อมูลอนุกรม	USART	USART	SPI, I^2C	SPI, I^2C, USART	SPI, I^2C, USART	SPI, I^2C, USART	SPI, I^2C, USART
ส่วนสื่อสารข้อมูลขนาน	-	PSP	-	-	PSP	-	PSP
วงจร ADC 10 บิต	5 ช่อง	8 ช่อง	5 ช่อง	5 ช่อง	8 ช่อง	5 ช่อง	8 ช่อง
วงจรเปรียบเทียบแรงดันอนาลอก	-	-	-	2 ช่อง (PIC16f873A)	2 ช่อง (PIC16f874A)	2 ช่อง (PIC16f876A)	2 ช่อง (PIC16f877A)
โมดูลสร้างดันอ้างอิง	-	-	-	1 ชุด (PIC16f873A)	1 ชุด (PIC16f874A)	1 ชุด (PIC16f876A)	1 ชุด (PIC16f877A)
จำนวนคำสั่ง	35	35	35	35	35	35	35

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติ PIC16F87X ในแต่ละเบอร์



ก) Microcontroller PIC

ข) การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์

รูปที่ 2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC 16F877

ชื่อขา	ตำแหน่งขา	ชนิดของขา	ชนิดของวงจรบัฟเฟอร์	รายละเอียดการทำงาน
OSC1/CLKIN	13	อินพุต	ชมิตต์ทริกเกอร์/ ซีมอส(3)(4)	– ขาต่อคริสตอล/รับสัญญาณนาฬิกาจากภายนอก
OSC2/CLKOUT	14	เอาต์พุต	-	– ขาต่อคริสตอล/ในโหมด RC เป็นขาเอาต์พุต สัญญาณนาฬิกาความถี่ 1/4 ของสัญญาณที่ขา OSC1
MCLR/VPP`	1	อินพุต	ชมิตต์ทริกเกอร์	– ขารับสัญญาณรีเซตหลัก (Master Clear Input) ทำงานที่ลอจิก "0" – ขารับแรงดันโปรแกรม (programming voltage)
ขาพอร์ต A เป็นขาพอร์ต 2 ทิศทาง				
RA0/AN0	2	อินพุต/เอาต์พุต	ทีทีแอล/ อะนาลอก	– ขาพอร์ต RA0 – อินพุตวงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล ช่อง 0
RA1/AN1	3	อินพุต/เอาต์พุต	ทีทีแอล/ อะนาลอก	– ขาพอร์ต RA1 – อินพุตวงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล ช่อง 1
RA2/AN2/ VREF-/CVREF*	4	อินพุต/เอาต์พุต	ทีทีแอล/ อะนาลอก	– ขาพอร์ต RA2 – อินพุตวงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล ช่อง 2 – อินพุตแรงดันอ้างอิงลบวงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล – เอาต์พุตแรงดันอ้างอิงของโมดูลแรงดันอ้างอิง
RA3/AN3/ VREF+	5	อินพุต/เอาต์พุต	ทีทีแอล/ อะนาลอก	– ขาพอร์ต RA3 – อินพุตวงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล ช่อง 3 – อินพุตแรงดันอ้างอิงบวกวงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล
RA4/T0CKI/ C1OUT*	6	อินพุต/เอาต์พุต	ชมิตต์ทริกเกอร์	– ขาพอร์ต RA4 – อินพุตสัญญาณนาฬิกาของไทเมอร์ 0 – เอาต์พุตวงจรเปรียบเทียบแรงดันอะนาลอกช่อง 1
RA5/AN4/ SS/C2OUT*	7	อินพุต/เอาต์พุต	ทีทีแอล/ อะนาลอก	– ขาพอร์ต RA5 – อินพุตวงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล ช่อง 4 – ขา Slave Select ใช้สื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบซิงโครนัส – เอาต์พุตวงจรเปรียบเทียบแรงดันอนาลอกช่อง 2
ขาพอร์ต B เป็นขาพอร์ต 2 ทิศทาง สามารถกำหนดให้ต่อตัวต้านทานฟูลอัปภายในเมื่อทำงานเป็นอินพุตได้ทางซอฟต์แวร์				
RB0/INT	33	อินพุต/เอาต์พุต	ทีทีแอล/ ชมิตต์ทริกเกอร์(1)	– ขาพอร์ต RB0 – อินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอก
RB1	34	อินพุต/เอาต์พุต	ทีทีแอล	– ขาพอร์ต RB1
RB2	35	อินพุต/เอาต์พุต	ทีทีแอล	– ขาพอร์ต RB2
RB3/LVP	36	อินพุต/เอาต์พุต	ทีทีแอล	– ขาพอร์ต RB3 – อินพุตรับแรงดันโปรแกรมต่ำ (+5V) ถ้าเอ็นเอเบิลไว้

ตารางที่ 2.2 ตารางสรุปการทำงานของขาพอร์ตทั้งหมดของ PIC 16F877 (ต่อ)

ชื่อขา	ตำแหน่งขา	ชนิดของขา	ชนิดของวงจรบัฟเฟอร์	รายละเอียดการทำงาน
RB4	37	อินพุต/เอาต์พุต	ทีทีแอล	– ขาพอร์ต RB4 และสามารถเกิดอินเตอร์รัปต์เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงลอจิกขึ้นที่ขานี้ หากเอ็นเอเบิลไว้
RB5	38	อินพุต/เอาต์พุต	ทีทีแอล	– ขาพอร์ต RB5 และสามารถเกิดอินเตอร์รัปต์เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงลอจิกขึ้นที่ขานี้ หากเอ็นเอเบิลไว้
RB6/PGC	39	อินพุต/เอาต์พุต	ทีทีแอล/ ชมิตต์ทริกเกอร์(2)	– ขาพอร์ต RB6 – เป็นขาสัญญาณนาฬิกาของการดีบักในวงจร (ICD) สามารถเกิดอินเตอร์รัปต์เนื่องจากการเปลี่ยนแปลง – ลอจิกขึ้นที่ขานี้ หากเอ็นเอเบิลไว้
RB7PGD	40	อินพุต/เอาต์พุต	ทีทีแอล/ชมิตต์ทริกเกอร์(2)	– ขาพอร์ต RB7 – เป็นขาสัญญาณข้อมูลของการดีบักในวงจร (ICD) – สามารถเกิดอินเตอร์รัปต์เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงลอจิกขึ้นที่ขานี้ หากเอ็นเอเบิลไว้
ขาพอร์ต C เป็นขาพอร์ต 2 ทิศทาง				
RC0/T1OSO/ T1CKI	15	อินพุต/เอาต์พุต	ชมิตต์ทริกเกอร์	– ขาพอร์ต RC0 – เอาต์พุตวงจรออสซิลเลเตอร์ของไทเมอร์ 1 – อินพุตสัญญาณนาฬิกาของไทเมอร์ 1
RC1/T1OSI/ CCP2	16	อินพุต/เอาต์พุต	ชมิตต์ทริกเกอร์	– ขาพอร์ต RC1 – อินพุตวงจรออสซิลเลเตอร์ของไทเมอร์ 1 – อินพุตวงจรแคปเจอร์/เอาต์พุตวงจรเปรียบเทียบ/ เอาต์พุต PWM สำหรับโมดูล CCP2
RC2/CCP1	17	อินพุต/เอาต์พุต	ชมิตต์ทริกเกอร์	– ขาพอร์ต RC2 – อินพุตวงจรแคปเจอร์/เอาต์พุตวงจรเปรียบเทียบ/ เอาต์พุต PWM สำหรับโมดูล CCP1
RC3/SCK/SCL	18	อินพุต/เอาต์พุต	ชมิตต์ทริกเกอร์	– ขาพอร์ต RC3 – ขาสัญญาณนาฬิกาของวงจร SPI และระบบบัส I^2C
RC4/SDI/ SDA	23	อินพุต/เอาต์พุต	ชมิตต์ทริกเกอร์	– ขาพอร์ต RC4 – ขาข้อมูลอินพุตของวงจร SPI – ขาข้อมูลอนุกรมของระบบบัส I^2C
RC5/SDO	24	อินพุต/เอาต์พุต	ชมิตต์ทริกเกอร์	– ขาพอร์ต RC5 – ขาข้อมูลเอาต์พุตของวงจร SPI
RC6/TxD	25	อินพุต/เอาต์พุต	ชมิตต์ทริกเกอร์	– ขาพอร์ต RC6 – ขาเอาต์พุตวงจร USART สำหรับเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรม
RC7/RxD	26	อินพุต/เอาต์พุต	ชมิตต์ทริกเกอร์	– ขาพอร์ต RC7 – ขาอินพุตวงจร USART สำหรับเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรม

ตารางที่ 2.2 ตารางสรุปการทำงานของขาพอร์ตทั้งหมดของ PIC 16F877 (ต่อ)

ชื่อขา	ตำแหน่งขา	ชนิดของขา	ชนิดของวงจรบัฟเฟอร์	รายละเอียดการทำงาน
ขาพอร์ต D เป็นขาพอร์ต 2 ทิศทาง สามารถใช้เป็นส่วนขยายพอร์ตแบบขนานเพื่อติดต่อกับระบบบัส				
RD0/PSP0	19	อินพุต/เอาต์พุต	ชมิตต์ทริกเกอร์/ ทีทีแอล (3)	– ขาพอร์ต RD0 – ขาขยายพอร์ตแบบขนานบิต 0
RD1/PSP1	20	อินพุต/เอาต์พุต	ชมิตต์ทริกเกอร์/ ทีทีแอล (3)	– ขาพอร์ต RD1 – ขาขยายพอร์ตแบบขนานบิต 1
RD2/PSP2	21	อินพุต/เอาต์พุต	ชมิตต์ทริกเกอร์/ ทีทีแอล (3)	– ขาพอร์ต RD2 – ขาขยายพอร์ตแบบขนานบิต 2
RD3/PSP3	22	อินพุต/เอาต์พุต	ชมิตต์ทริกเกอร์/ ทีทีแอล (3)	– ขาพอร์ต RD3 – ขาขยายพอร์ตแบบขนานบิต 3
RD4/PSP4	27	อินพุต/เอาต์พุต	ชมิตต์ทริกเกอร์/ ทีทีแอล (3)	– ขาพอร์ต RD4 – ขาขยายพอร์ตแบบขนานบิต 4
RD5/PSP5	28	อินพุต/เอาต์พุต	ชมิตต์ทริกเกอร์/ ทีทีแอล (3)	– ขาพอร์ต RD5 – ขาขยายพอร์ตแบบขนานบิต 5
RD6/PSP6	29	อินพุต/เอาต์พุต	ชมิตต์ทริกเกอร์/ ทีทีแอล (3)	– ขาพอร์ต RD6 – ขาขยายพอร์ตแบบขนานบิต 6
RD7/PSP7	30	อินพุต/เอาต์พุต	ชมิตต์ทริกเกอร์/ ทีทีแอล (3)	– ขาพอร์ต RD7 – ขาขยายพอร์ตแบบขนานบิต 7
ขาพอร์ต E เป็นขาพอร์ต 2 ทิศทาง				
RE0/AN5/ RD	8	อินพุต/เอาต์พุต	ชมิตต์ทริกเกอร์/ ทีทีแอล (3)	– ขาพอร์ต RE0 – อินพุตวงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล ช่อง 5 – ขาสัญญาณ RD สำหรับส่วนขยายพอร์ตแบบขนาน
RE1/AN6/ WR	9	อินพุต/เอาต์พุต	ชมิตต์ทริกเกอร์/ ทีทีแอล (3)	– ขาพอร์ต RE1 – นพุตวงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล ช่อง 6 – ขาสัญญาณ WR สำหรับส่วนขยายพอร์ตแบบขนาน
RE2/AN7/ CS	10	อินพุต/เอาต์พุต	ชมิตต์ทริกเกอร์/ ทีทีแอล (3)	– ขาพอร์ต RE2 – อินพุตวงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล ช่อง 7 – ขาสัญญาณ CS สำหรับส่วนขยายพอร์ตแบบขนาน
ขาต่อไฟเลี้ยง				
VDD	11, 32	อินพุต	-	– ขาต่อไฟเลี้ยง ใช้ได้ตั้งแต่ +2 ถึง +5.5V
VSS	12, 31	อินพุต	-	– ขาต่อกราวด์

หมายเหตุ

(1) อินพุตของวงจรบัฟเฟอร์จะเป็นแบบชมิตต์ทริกเกอร์ เมื่อใช้งานเป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอก

(2) อินพุตของวงจรบัฟเฟอร์จะเป็นแบบชมิตต์ทริกเกอร์ เมื่อทำงานในโหมดโปรแกรมข้อมูลอนุกรม

(3) อินพุตของวงจรบัฟเฟอร์จะเป็นแบบชมิตต์ทริกเกอร์ เมื่อกำหนดให้ทำงานเป็นขาพอร์ตปกติและเป็นแบบทีทีแอลเมื่อกำหนดให้ทำงานเป็นส่วนขยายพอร์ตแบบขนาน (PSP) สำหรับเชื่อมต่อกับระบบบัสไมโครโปรเซสเซอร์อื่น

(4) สำหรับ PIC 16F874/877 อินพุตของวงจรบัฟเฟอร์จะเป็นแบบชมิตต์ทริกเกอร์ เมื่อกำหนดให้ทำงานในโหมด RC และเป็นซีมอสเมื่อทำงานในโหมดอื่น

ตารางที่ 2.2 ตารางสรุปการทำงานของขาพอร์ตทั้งหมดของ PIC 16F877 (ต่อ)

2.3 แมกเนติกคอนแทคเตอร์

หมายถึง สวิตซ์ที่ทำงานโดยอาศัยอำนาจแม่เหล็กช่วยในการ ON/OFF วงจรกำลังที่ใช้กระแสค่อนข้างสูง ประมาณ 30-300 A ข้อดีของคอนแทคเตอร์คือ ให้ความปลอดภัยต่อผู้ควบคุมในวงจรกำลังที่มีกระแสไฟฟ้าค่อนข้างสูง ประหยัดเวลาในการควบคุมขณะที่โหลดอยู่ห่างจากแหล่งจ่ายและจุดที่จะควบคุมการทำงาน

การเลือกแม็กเนติกคอนแทคเตอร์ที่เหมาะสมกับงานควรดูข้อมูลทางเทคนิค ของบริษัทผู้ผลิต ซึ่งมีข้อพิจารณา คือ

- ลักษณะโหลดและการใช้งาน
- แรงดันและความถี่
- สถานที่ใช้งาน
- ความบ่อยครั้งในการใช้งาน
- การป้องกันจากการสัมผัสและการป้องกันน้ำ
- ความคงทนทางกลและไฟฟ้า (Mechanical and Electrical Stresses)

รูปที่ 2.5 แมกเนติกคอนแทคเตอร์

2.4 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่สำคัญ

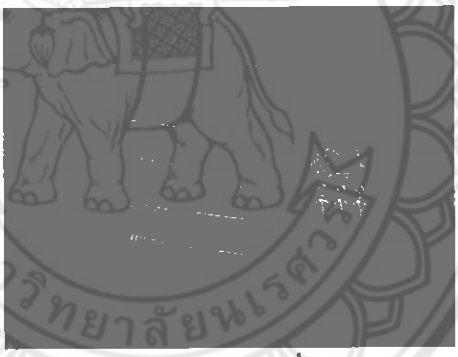
2.4.1 สวิตซ์ (Switch)

ทำหน้าที่ในการต่อหรือตัด การไหลของกระแสไฟฟ้าจะเป็นไฟ AC หรือ DC ก็ได้ และสวิตซ์มีหลายชนิด อย่างเช่นจากรูปที่ 2.4 เป็นแบบสวิตซ์กด (Push Button) มีขั้วเดียวทางเดียว (SPST : Single-Pole, Single-Throw) หลักการทำงานเมื่อไม่มีการกดสวิตซ์จะอยู่ในสภาวะปกติเปิด แต่เมื่อมีการกดจะอยู่ในสภาวะปกติปิด สวิตซ์แบบนี้จะมีสปริงดันกลับ (Spring Return) อยู่ภายใน

รูปที่ 2.6 แสดงสวิตซ์แบบกด

2.4.2 ตัวต้านทาน (Resistors)

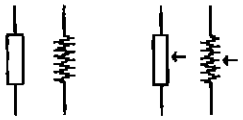
เป็นอุปกรณ์ที่มีมากมาย แตกต่างกันทั้งขนาดและรูปร่าง แต่ทำหน้าที่อย่างเดียวกันคือ จำกัดกระแส (Limit Current) โดยถ้าค่าความต้านทานน้อยกระแสไหลผ่านมาก ค่าความต้านทานมากกระแสไหลผ่านน้อย เมื่อกระแสไหลผ่านก็จะเกิดความร้อน ถ้าความร้อนมากๆจะทำให้ค่าความต้านทานจะยิ่งลดลง และตัวต้านทานแบ่งได้เป็น 2 แบบคือ แบบค่าคงที่และแบบที่ปรับค่าได้



รูปที่ 2.7 ตัวต้านทานแบบค่าคงที่และแบบปรับค่าได้

1. แบบค่าคงที่ เป็นแบบที่ไม่สามารถปรับเปลี่ยนค่าความต้านทานได้ การเลือกใช้ควรเลือกให้ถูกขนาดที่เหมาะสมกับงานด้วย เพื่อความประหยัด ควรคำนึงถึงกำลังไฟที่จะทนได้ซึ่งมีหน่วยเป็นวัตต์ (W)

2. แบบปรับค่าได้ เป็นตัวต้านทานที่ปรับเปลี่ยนค่าความต้านทานได้ตามต้องการ มีหลายแบบเช่น ตัวต้านทานปรับค่าได้แบบเกือกม้าและตัวต้านทานปรับค่าได้แบบมีแกนปรับ



รูปที่ 2.8 สัญลักษณ์แทนตัวต้านทาน

2.4.3 ตัวเก็บประจุ (Capacitor)

เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีความสำคัญ ใช้ประโยชน์ได้หลายอย่างเช่น ทำไฟให้เรียบ กรองความถี่ และเชื่อมโยงสัญญาณ เป็นต้น ตัวเก็บประจุมีคุณสมบัติทางไฟฟ้าดังนี้

1. เมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงเข้ากับตัวเก็บประจุแล้วปลดไฟออกมันจะเก็บค่าไฟที่ได้ไว้ระยะเวลาหนึ่งก่อนจึงค่อยๆ ลดลงจนเป็น 0 มีหน่วยเป็นฟารัด (F)

2. เมื่อเริ่มป้อนไฟกระแสตรง ค่าความต้านทานเป็น 0 แต่เมื่อเวลาผ่านไปค่าความต้านทานจะเพิ่มขึ้น ค่าแรงดันก็เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนเท่ากับแรงดันที่ป้อนเข้ามา ซึ่งจะช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับค่าความจุ

รูปที่ 2.9 แสดงภาพตัวเก็บประจุและสัญลักษณ์

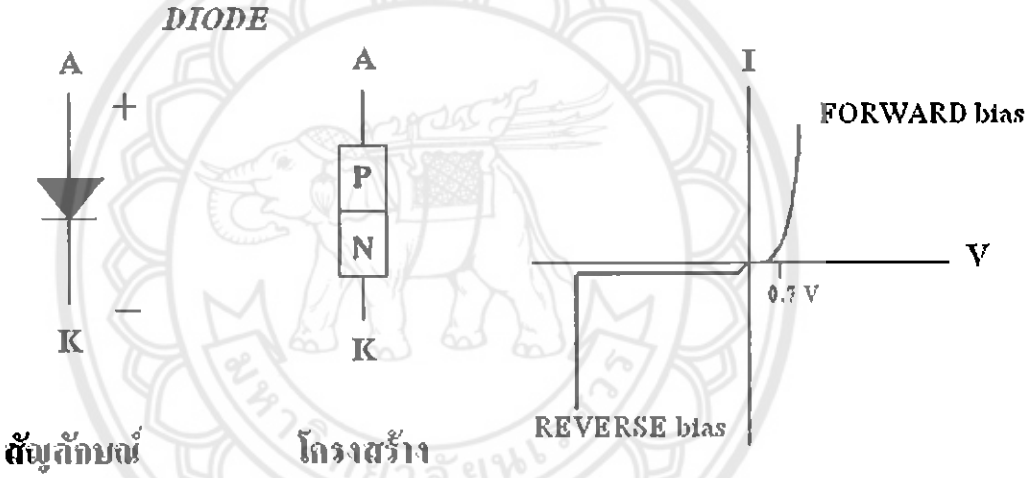
2.4.4 ไดโอด (Diode)

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการกำหนดทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า ส่วนใหญ่ใช้ในการป้องกันแรงดันไหลย้อนกลับ และใช้เรียงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรง (Rectify)

คุณสมบัติของไดโอดจะยอมให้แรงดันไฟฟ้าไหลผ่านมันได้ถ้าป้อนขั้วตรงกันคือ ถ้าป้อนไฟขั้วบวกผ่านเข้าไดโอด ตรงกับขาแอโนด (A) ไฟจะผ่านได้เรียกว่า "ไบอัสตรง" แต่ถ้าให้ขั้วบวกไหลผ่านขาคาโทด (K) ไฟจะผ่านไม่ได้เรียกว่า "ไบอัสกลับ"

การใช้งานไดโอด ต้องคำนึงถึงลักษณะงาน คุณสมบัติของไดโอดและอัตราทนแรงดันและกระแสของไดโอดของแต่ละเบอร์ เช่น ไดโอดเบอร์ 1N4001 ทนกระแส 1A แรงดัน 50 V, 1N4004 ทนกระแส 1A แรงดัน 400V และ 1N5402 ทนกระแส 3A แรงดัน 200V

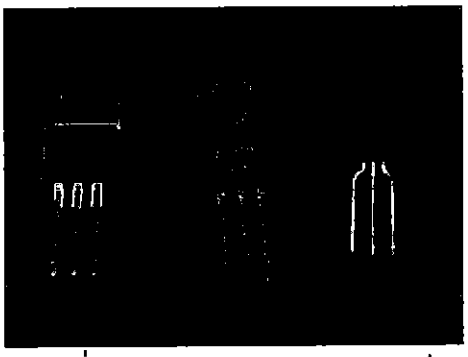
รูปที่ 2.10 แสดงภาพไดโอด



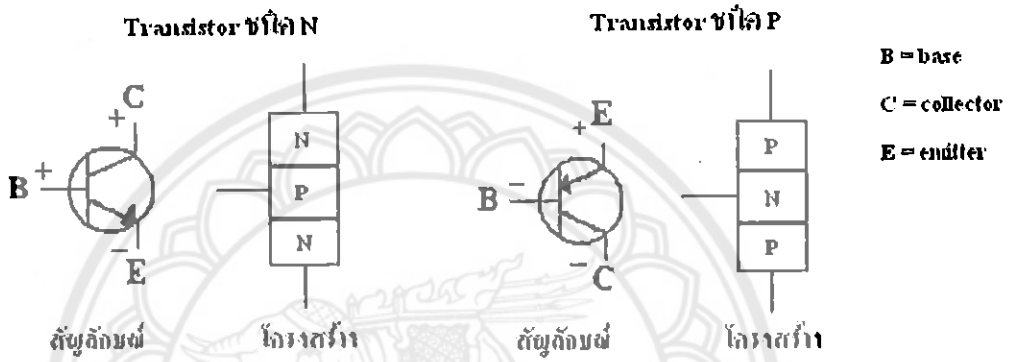
รูปที่ 2.11 แสดงสัญลักษณ์และโครงสร้างของไดโอด

2.4.5 ทรานซิสเตอร์

ทรานซิสเตอร์เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีสารกึ่งตัวนำ P และ N มาต่อรวมกัน 3 ชิ้น มี 2 ชนิดคือแบบ NPN ใช้กับไฟบวกและ PNP ใช้กับไฟลบ ทำหน้าที่ขยายสัญญาณไฟฟ้า มีหลายขนาดตั้งแต่ไม่ถึงวัตต์ไปจนถึง 250 วัตต์ซึ่งต้องยึดกับ Sink เพื่อระบายความร้อน



รูปที่ 2.12 แสดงภาพทรานซิสเตอร์



รูปที่ 2.13 แสดงสัญลักษณ์และโครงสร้างของทรานซิสเตอร์

การวัดหาขาและชนิดทรานซิสเตอร์

เมื่อใช้มัลติมิเตอร์ของญี่ปุ่นซึ่งสายสีดำจะเป็นไฟบวก และสายสีแดงจะเป็นไฟ (ในย่านการวัดค่าความต้านทาน)

1.การหาขา B ให้ตั้งย่านวัด 1

ให้สายหลักแตะขา Q ไว้และอีกสายแตะขา Q ที่เหลือทีละขา ถ้าเข็มขึ้นทั้งสองครั้ง สายหลักก็คือขา B โดยถ้าสายหลักสีดำคือ Q ชนิด N สายหลักสีแดงคือ Q ชนิด P

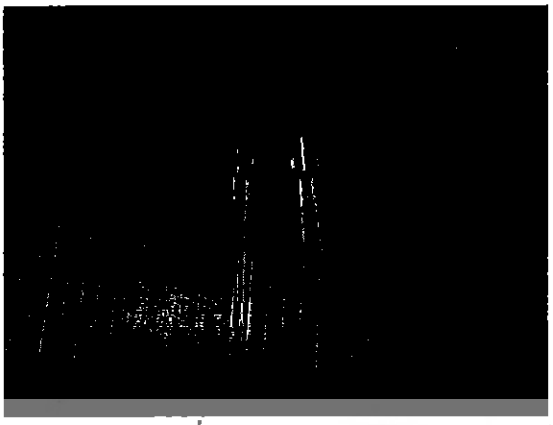
2.การหาขา C,E ให้ตั้งย่านวัด 1K

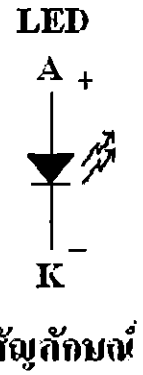
ให้ใช้สายแตะขา Q ทั้งสองขาที่ไม่ใช่ขา B และใช้นิ้วแตะทั้งสามขาของ Q แล้วสลับสายสังเกตดูว่าครั้งใดเข็มมิเตอร์ขึ้นมาก ถ้าเข็มขึ้นมากคือขา C โดยสายที่บอกว่าเป็นขา C คือสายหลักในการหาขา B จากหัวข้อ 1 อัตราขยายกระแสของ Q มีสูตรดังนี้ hfe=Ic/Ib

2.4.6 ไดโอดเปล่งแสง (LED)

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับแสดงผลการทำงานของวงจร และเรียกไดโอดเปล่งแสงว่า Light Emitting Diode หรือ LED ก็ได้ การใช้ไดโอดเปล่งแสงนี้ควรดูที่ขาของไดโอดข้างที่สั้นกว่าจะเป็นขั้วแคโทดหรือต่อกับขั้วลบของแบตเตอรี่ ขาที่ยาวจะเป็นขั้วแอโนดหรือขั้วบวกของแบตเตอรี่ และยอมให้กระแสไหลผ่านได้ทางเดียวแบบไดโอด มีแรงดันตกคร่อมขณะนำกระแสประมาณ 2V

ใช้งานโดยต่อแบบ Forward bias และต่ออนุกรมกับตัวต้านทานโดย LED ขนาดทั่วไปจะกินกระแส 5-25 mA





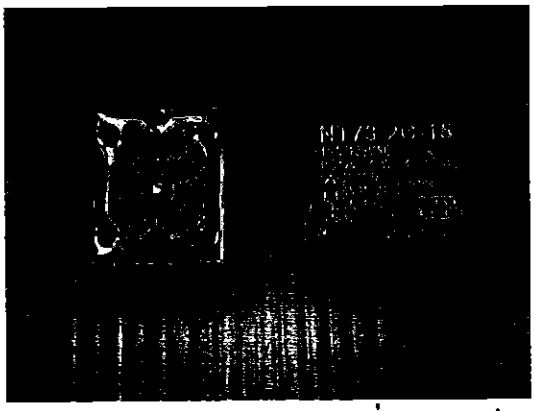
รูปที่ 2.14 แสดงภาพและสัญลักษณ์ของไดโอดเปล่งแสง

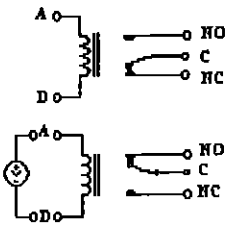
2.4.7 รีเลย์ (Relay)

ทำหน้าที่เป็นสวิทซ์ที่ทำงานโดยอาศัยอำนาจแม่เหล็กในการ ON/OFF วงจรควบคุมเช่น คอยล์ของคอนแทคเตอร์ โซลีนอยด์ (Solenoids) เป็นต้น หรืออาจใช้ในการ ON/OFF วงจรกำลังขนาดเล็กบ้างเหมือนกัน เช่น วงจรหลอดสัญญาณ มอเตอร์ขนาดเล็ก เป็นต้น

ขณะที่มีการป้อนไฟให้กับรีเลย์ ขดลวดขากลางของแกนเหล็กได้รับพลังงานไฟฟ้า จึงมีการสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นมา แรงอำนาจแม่เหล็กสามารถเอาชนะแรงของสปริง ทำให้ดึงชุดแกนเหล็กเคลื่อนที่ไปหา NO (Normal Open) จะอยู่ในสภาวะ ON หน้าสัมผัสทั้ง 2 ชุดติดกัน ก็จะเปลี่ยนสภาวะการทำงานเรียกว่า "หน้าสัมผัสปกติเปิด" และจะกลับสู่สภาวะเดิมอีกครั้งเมื่อหยุดจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้ขดลวด และแรงสปริงจะถูกผลักให้ห่างกันเรียกว่า "หน้าสัมผัสปกติปิด" หรือ NC (Normal Close)

การเลือกรีเลย์ใช้งาน ค วรดูขนาดแรงดันที่ป้อนให้ตรงกับที่ใช้งาน ควรต่างกันไม่เกิน 10% เพื่อการทำงานที่ดี และเนื่องจากรีเลย์ทำหน้าที่เป็นสวิทซ์อย่างหนึ่ง ควรที่จะดูขนาดกำลังไฟฟ้าที่ใช้งาน แล้วเลือกให้มีความเหมาะสมที่สุด คือต้องมากกว่า 2 เท่าของกระแสที่ใช้งาน ควรดูราย ละเอียดได้บนรีเลย์

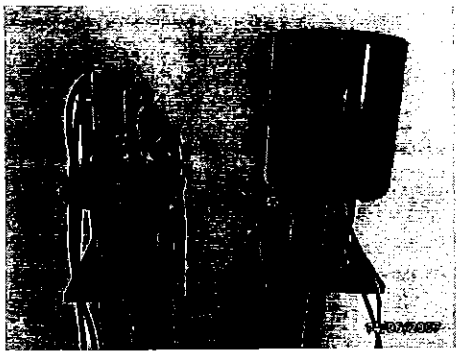




รูปที่ 2.15 รีเลย์และสัญลักษณ์การทำงาน

2.5 ลูกลอย

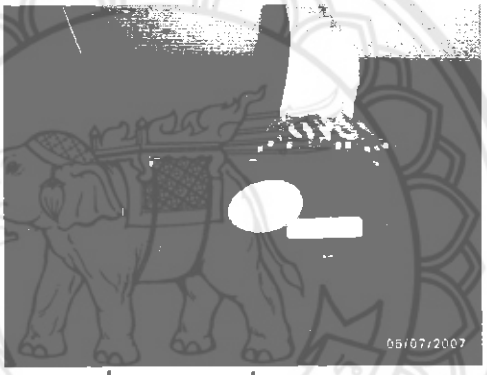
สวิทซ์ลูกลอยทำหน้าที่ต่อวงจรเมื่อเวลาน้ำลดจากระดับที่ตั้งไว้ในถังเก็บน้ำและทำการตัดวงจรเมื่อน้ำเต็ม จะทำการติดตั้งในถังเก็บน้ำ



รูปที่ 2.16 ลูกลอยที่ต้องการติดตั้ง

2.6 จอแสดงผล LCD

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้แสดงผลออกเป็นตัวเลขและตัวอักษรซึ่งในหัวข้อโครงงานนี้เลือกใช้ชนิด 1 บรรทัดเพื่อความประหยัดค่าใช้จ่ายใช้การแสดงผลแบบดิจิตอล



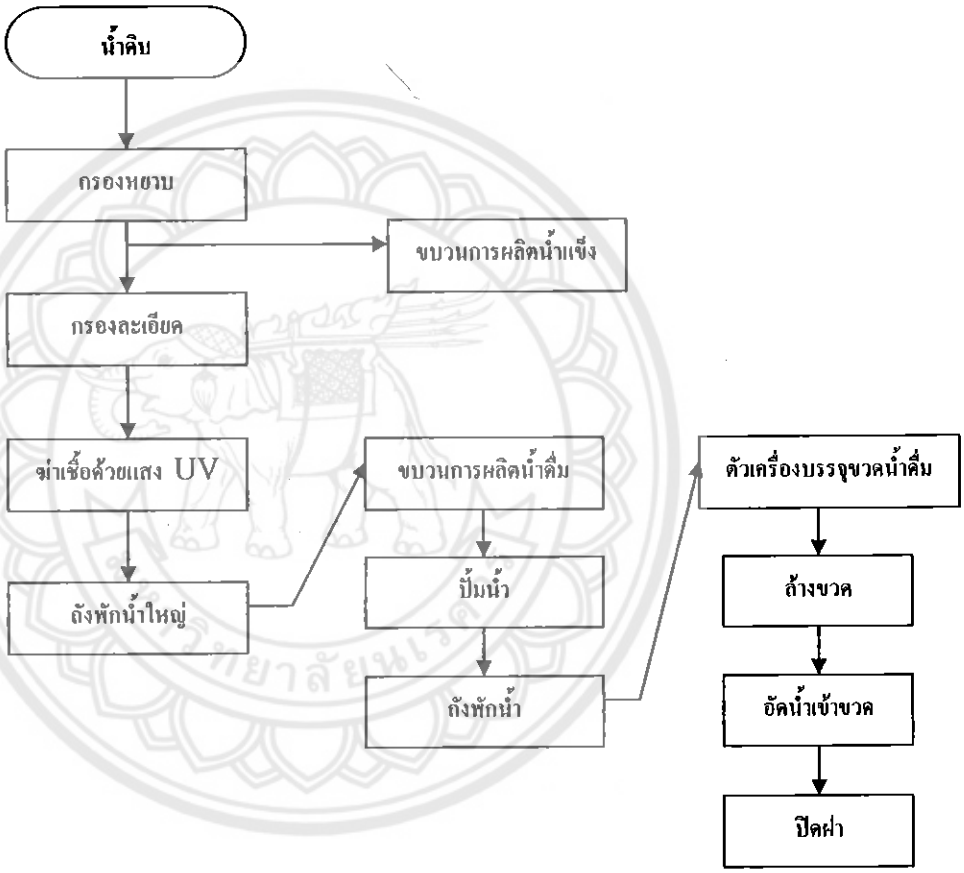
รูปที่ 2.17 LCD ที่ใช้ในโครงงาน

บทที่ 3

การควบคุมระบบการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

3.1 ขั้นตอนในการผลิตน้ำดื่มของโรงงาน

การที่จะวางแผนการออกแบบระบบควบคุมเครื่องนับวัตถุนั้น เราต้องทำการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับตัวโรงงานน้ำดื่มเสียก่อน เพื่อการออกแบบได้ตรงกับจุดหมายที่เราต้องการอย่างถูกต้องแม่นยำซึ่งขั้นตอนการผลิตน้ำดื่มนั้นสามารถอธิบายได้โดยแผนภาพดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.1 แสดงแผนภาพการทำงานของโรงงานน้ำดื่ม

จากแผนภาพการทำงานข้างต้นสามารถอธิบายอย่างละเอียดได้ดังนี้ขั้นตอนแรกเป็นการนำน้ำดิบมาจากแหล่งน้ำอันได้แก่ น้ำประปา,น้ำแม่น้ำ โดยมาผ่านการกรองหยาบก่อนโดยมี ถ่าน ,ทราย,หิน เป็นตัวกรองหยาบแล้วจึงทำการกรองละเอียดอีกทีโดยผ่าน เรซิล ,เซรามิก,แผ่นผ้า RO, แล้วทำการฆ่าเชื้อด้วยรังสีอุลตร้าไวโอเลต จากนั้นจะไปเก็บที่บ่อพักน้ำใหญ่ ในขั้นตอนการผลิตน้ำดื่มนั้นจะทำการปั๊มน้ำมาเก็บที่บ่อพักน้ำเล็ก(ถังเครนน้ำล้นจากขวด) ส่วนตัวเครื่องบรรจุขวดน้ำดื่มนั้นสามารถอธิบายได้ดังนี้โดยการเรียงขวดเปล่าก่อนแล้วจึงมีการลำเลียงไปตามสายพานลำเลียงทำ

การล้างขวดน้ำดื่มแล้วก็ผ่านการอัดน้ำเข้าขวดโดยระหว่างทำการอัดน้ำจะมีการดูดอากาศและดูดน้ำที่ล้นออกจากขวดไปไว้ที่ถังพักน้ำล้นแล้วจึงทำการปิดฝา

3.2 การทำงานของระบบควบคุม

ในระบบควบคุมที่ได้ออกแบบไว้จะมีการทำงานในแต่ละส่วนที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถทำงานตามหน้าที่ของแต่ละอุปกรณ์ที่ได้กำหนดไว้ โดยอาศัยไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการทำงานและทำการประมวลผล

รูปที่ 3.2 แสดงการทำงานของระบบควบคุม

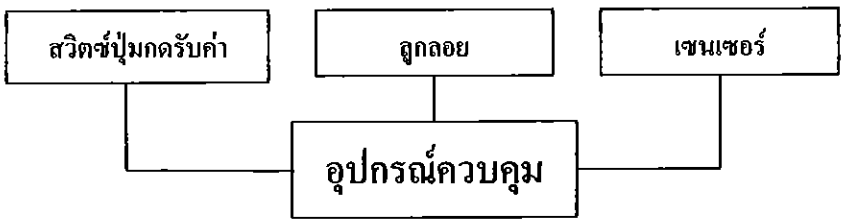
จากรูป 3.2 มีการรับสัญญาณจากลูกลอย,สวิตซ์และสัญญาณจากเซนเซอร์ ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวอินพุต ส่งไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการประมวลผลให้แสดงผลออกเป็น LCD และนำไปสั่งรีเลย์ ทำหน้าที่เป็นตัวเอาต์พุตทำการเดินเครื่องบรรจุน้ำดื่มเพื่อนับแล้ว หรือว่าทำการปั๊มน้ำ

3.3 การออกแบบการติดตั้งอุปกรณ์

จากรูปที่ 3.2 เป็นการติดตั้งอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์กับเครื่องบรรจุขวดน้ำดื่มและปั๊มน้ำ โดยนำปลั๊กไฟมาเสียบต่อกับฮาร์ดแวร์ เพื่อใช้ในการปิดเปิดและแสดงในรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.3 แสดงการออกแบบการติดตั้ง

3.4 การออกแบบระบบทางด้านอินพุต



รูปที่ 3.4 แสดงการออกแบบระบบอินพุต

3.4.1 ลูกลอย เป็นอุปกรณ์ลำดับที่ 1 ที่ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการประมวลผลจากอินพุต ทำหน้าที่ตรวจเปิดปิดวงจรเพื่อสั่งงานให้กับบอร์ด มีหลัก การทำงานคือ เมื่อมีการระดับน้ำลดลงจากถังเก็บน้ำจะทำการต่อสวิตซ์ แล้วส่งสัญญาณไปยังรีเลย์หากน้ำเต็มก็จะเปิดวงจรเพื่อส่งสัญญาณไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งปิดรีเลย์ซึ่งเป็นการสั่งหยุดมอเตอร์ปั๊มน้ำ

3.4.2 สวิตซ์ เป็นอุปกรณ์ลำดับที่ 2 รองต่อจากลูกลอยที่ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการประมวลผลหากไม่มีการทำงานของลูกลอยและมีการกดสวิตช์เพื่อรอการรับค่าจากเซนเซอร์ซึ่งสวิตช์มีไว้สำหรับการกดเมื่อมีการใช้งาน หลักการทำงานในโครงงานนี้ใช้สวิตซ์ 7 อันคือ สวิตซ์ตัวที่หนึ่งทำหน้าที่เพิ่มตัวเลขขึ้น สวิตซ์ตัวที่สองทำหน้าที่ลดจำนวนตัวเลข สวิตซ์ตัวที่สามทำหน้าที่ในการเลือกหลัก สวิตซ์ตัวที่สี่ทำหน้าที่ในการ Set ค่าเมื่อทำการกำหนดค่าแล้วสวิตซ์ตัวที่ห้าทำหน้าที่ในการสั่งรีเซตค่าและทำการสั่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานต่อในกรณีที่นับถึงจำนวนที่ต้องการ สวิตช์ตัวที่หกทำหน้าที่ในการดูค่าจำนวนที่เรานับรวมทั้งหมดตั้งแต่มีการใช้งานและตัวสุดท้ายทำหน้าที่ในการลบค่าที่เรานับรวมทั้งหมดหากไม่มีการกดสวิตช์ตัวสุดท้ายค่าที่เรานับรวมทั้งหมดก็จะไม่ถูกลบค่า ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.11

3.4.3 เซนเซอร์ เป็นอุปกรณ์สุดท้ายเมื่อมีการกดสวิตช์แล้วรับค่าแล้วจะไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งงานให้เซนเซอร์ทำงานสำหรับตรวจจับวัตถุ เมื่อมีการเคลื่อนที่ผ่านและจะทำให้เกิดลูกคลื่นทางสัญญาณสั่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์นับจำนวนขวดน้ำที่ผ่าน

3.5 การออกแบบระบบทางด้านเอาต์พุต

รูปที่ 3.5แสดงการ ออกระบบเอาต์พุต

3.5.1 LCD ทำหน้าที่ในการแสดงค่าเวลาออกทางด้าน Output เพื่อจะได้ทราบจำนวนที่ต้องการนับ

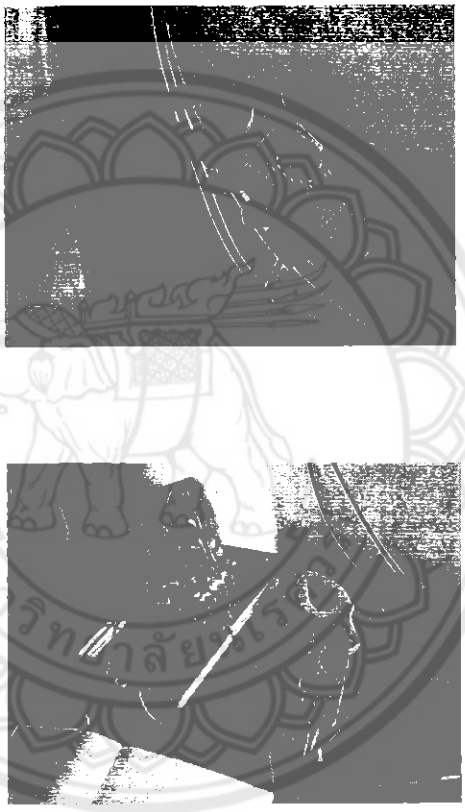
3.5.2 Relay ทำหน้าที่ในการเปิดปิดเครื่องบรรจุขวดน้ำหรือปั๊มน้ำโดยจะรอคำสั่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์และลูกลอย

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
14942093

3.6 ทำการศึกษาวิธีการวัดค่ากระแสและแรงดันของมอเตอร์

3.6.1 ทำการวัดค่ากระแสและแรงดันด้านมอเตอร์เดินสายพาน

ในการวัดจะใช้แคลมมิเตอร์เป็นตัววัด วิธีการวัดนำตัวแคลมมิเตอร์ไปคร่อมสายใดสายหนึ่งที่มอเตอร์ โดยจะวัดค่าขณะที่เครื่องบรรจุน้ำดื่มไม่มีการทำงาน ตอนที่มีการเริ่มเดินเครื่องเพื่อดูว่าไฟกระชากเท่าไร และวัดค่าขณะที่มีการเดินเครื่องติดต่อไปเวลานานๆ ในการวัดครั้งนี้เพื่อเก็บข้อมูล ดูค่าที่สูงสุดของการวัดและนำค่าที่ได้ไปเป็นตัวบอกว่าจะเลือกซื้อรีเลย์ขนาดเท่าไรต่อไป



ว.ร.
ว 1397
2550

รูปที่ 3.6 แสดงวิธีการวัดกระแสและแรงดันของมอเตอร์เดินสายพาน

การทดสอบค่ากระแสและแรงดันมอเตอร์เดินสายพาน

จำนวนครั้ง	กระแสและแรงดันมอเตอร์เดินสายพาน			
	No load (A)	Load (A)	No load (V)	Load (V)
1	0	3.9	220	220
2	0	3.8	220	220
3	0	3.8	220	220
4	0	3.8	220	220
5	0	3.7	220	220
6	0	3.8	220	220
7	0	3.9	220	220
8	0	3.8	220	220
9	0	3.7	220	220
10	0	3.9	220	220
11	0	3.8	220	220
12	0	3.9	220	220
13	0	3.7	220	220
14	0	3.8	220	220
15	0	3.7	220	220
16	0	3.8	220	220
17	0	3.8	220	220
18	0	3.5	220	220
19	0	3.5	220	220
20	0	3.8	220	220
21	0	3.9	220	220
22	0	3.9	220	220
23	0	3.8	220	220
24	0	3.6	220	220
25	0	3.7	220	220
Max	0	3.9	220	220
Min	0	3.6	220	220
Average	5.624	3.831	220	220

ตาราง 3.1 ค่ากระแสและแรงดันมอเตอร์เดินสายพาน

จากผลการทดสอบที่ได้ในตาราง 3.1 ที่ได้ จะเห็นว่าค่ากระแสที่วัดได้มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาในแต่ละครั้งของการเดินเครื่อง แต่ค่าแรงดันจะมีค่าคงที่คือ 220 V และเมื่อวัดค่ากระแสและแรงดันได้แล้ว จะนำค่ากระแสสูงสุดไปพิจารณาในการเลือกรีเลย์มาใช้งาน วิธีการเลือกซื้อควรเลือกความทนต่อกระแสให้มากกว่าค่าที่วัดได้ ในโครงงานนี้วัดค่ากระแสสูงสุดได้ 3.9 A ได้เลือกรีเลย์ มีความทนต่อกระแส 15 A มาใช้งาน

3.7 การออกแบบโปรแกรมควบคุมเครื่องนับวัตถุโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

การออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงานเครื่องนับวัตถุ เริ่มต้นโดยการกำหนดพอร์ตและประกาศตัวแปรที่ใช้ในโครงงานนี้ เมื่อทำการกำหนดพอร์ตได้แล้วจะรอสัญญาณที่การรับค่าจากสวิตซ์ โดยสวิตซ์ตัวที่หนึ่งเป็นการรับค่าเพิ่มจำนวน ตัวที่สองรับค่าลดจำนวน ตัวที่สามรับค่าโหมด ตัวที่สี่รับค่าสั่งการทำงาน ตัวที่ห้าทำการสั่งการทำงานโดยเก็บค่าเดิมไว้ แล้วทำการสั่งให้รีเลย์ทำงาน แต่หากมีการสัญญาณจากลูกลอยเข้ามาจะทำการสั่งเติมน้ำก่อนโดยให้ปั๊มน้ำทำงานและแสดงไว้ใน รูปที่ 3.6 เป็นการแสดงแผนผังการควบคุมระบบเครื่องบรรจุน้ำดื่มด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

3.7.1 การรับสัญญาณจากเซนเซอร์

ในการรับสัญญาณจากเซนเซอร์นั้นจะรับค่ามาทางขาพอร์ต RE0 อินพุตวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลช่อง 5 ขาสัญญาณ RD ส่วนขยายพอร์ตแบบขนาน อยู่ที่ตำแหน่งขา 8 ชื่อ RE0/RD/AN5 ของไมโครคอนโทลเลอร์ PIC 16F877

3.7.2 การรับค่าปุ่มเคลียร์ของการทำงาน

ในการรับค่าจากการทำงานจะใช้การรับค่าจากทางขาพอร์ต RE1 อินพุตวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลช่อง 6 ขาสัญญาณ WR ส่วนขยายพอร์ตแบบขนาน อยู่ที่ตำแหน่งขา 9 ชื่อ RE1/WR/AN6ของไมโครคอนโทลเลอร์ PIC 16F877

- อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง CPU ไมโครคอนโทลเลอร์ตระกูล PIC 16F877 ของ อีทีที
- อุปกรณ์ทางด้านการ Interface กับ PIC 16F877
- LCD
- อื่นๆ
- อุปกรณ์ทางด้าน Software
- โปรแกรมภาษาเบสิก ใช้ในการออกแบบและตรวจสอบการทำงาน
- โปรแกรม CP877WV3EXP เพื่อใช้โหลดโปรแกรมภาษาเบสิกลงบอร์ด
- อุปกรณ์อื่นๆ
- พรอกซิมิตี้เซนเซอร์เพื่อตรวจสถานะของวัตถุ
- ลูกลอยเพื่อตรวจสอบสถานะของระดับน้ำในถังเก็บน้ำ

3.7.2.1 การออกแบบทางด้าน PIC 16F877

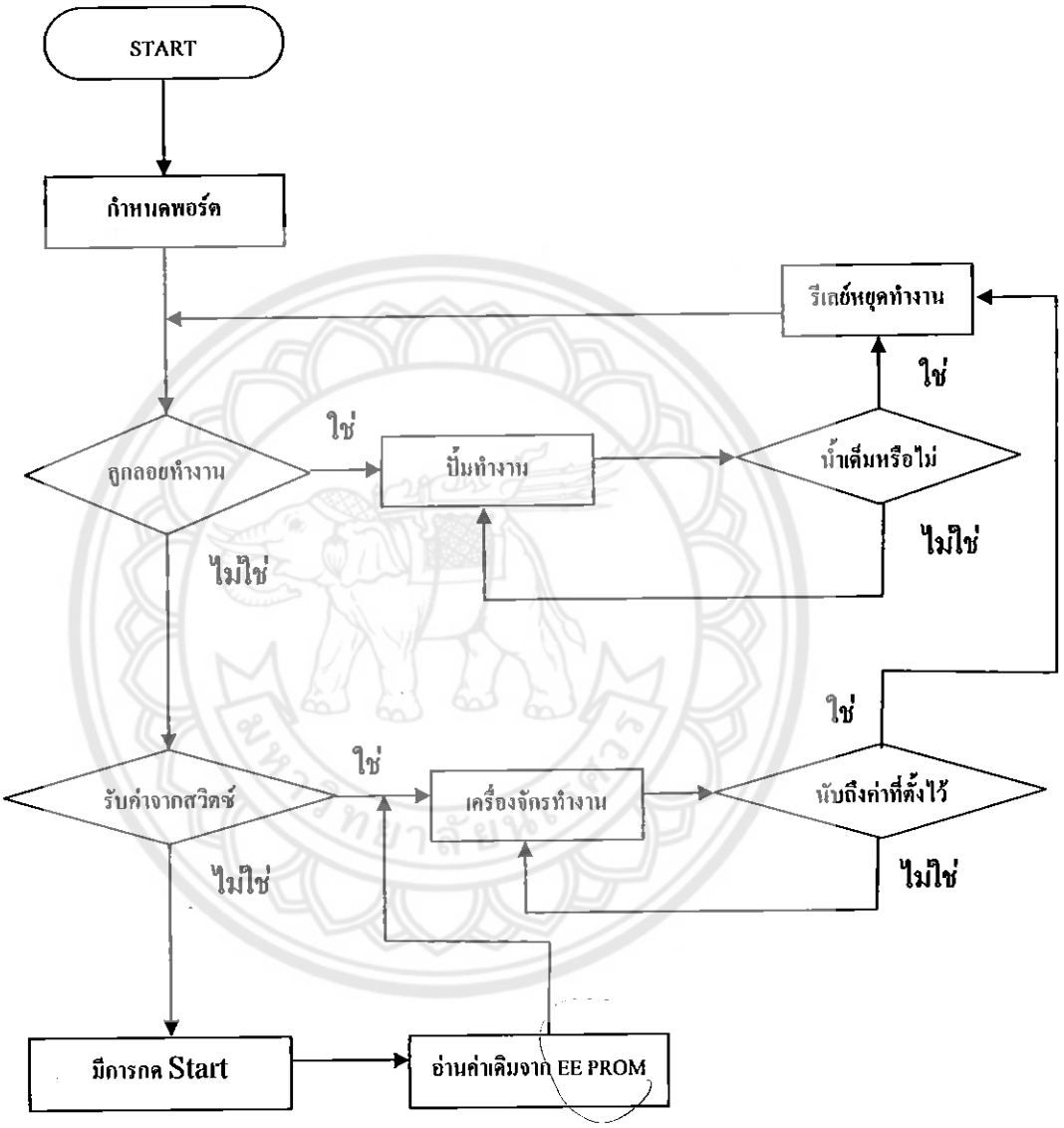
1. ทางด้าน software โดยเขียนภาษาเบสิก เพื่อทำการติดต่อกับ CPU โดยรับข้อมูลผ่านพอร์ต RE0 ,RE1 ดังนั้นจึงต้องมีการเซตค่าเพื่อสามารถเข้าสู่โหมดการทำงานของโปรแกรม

2.ส่วนของการแสดงผลจะนำจอ LCD ขนาด 16*1 มาใช้แสดงผลและเป็นตัวบอกวิธีการต่างๆ ในการนับ เช่นค่าที่ตั้งไว้ โดยจะต้องเขียนคำสั่งในการทำงานเสียก่อนและกำหนดโหมดการทำงานจากนั้นจะทำการเขียนค่าข้อมูลลงไปที่ LCD

- การโปรแกรมทางด้านไมโครคอนโทลเลอร์ PIC 16F877

1. โปรแกรมย่อยการเซตค่า ต่างๆ เช่น การเซตพอร์ต การเซตตัวแสดงผล

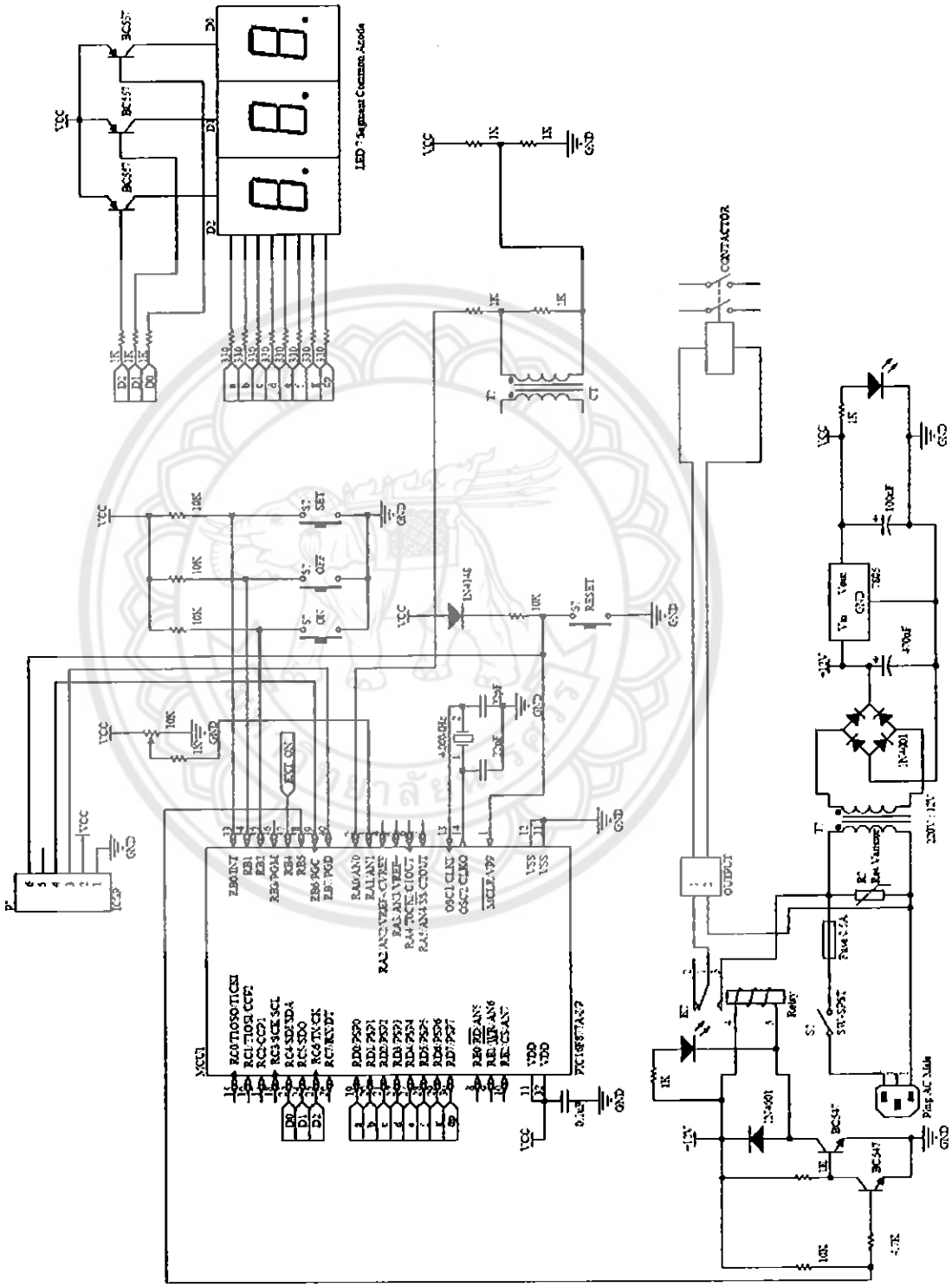
2. โปรแกรมย่อยการรับและส่งค่า ผ่าน พอร์ต RE0 ,RE1



รูปที่ 3.7 แสดงแผนผังการควบคุมระบบเครื่องนับวัตถุโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

3.8 การออกแบบวงจรเครื่องนับวัตถุโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

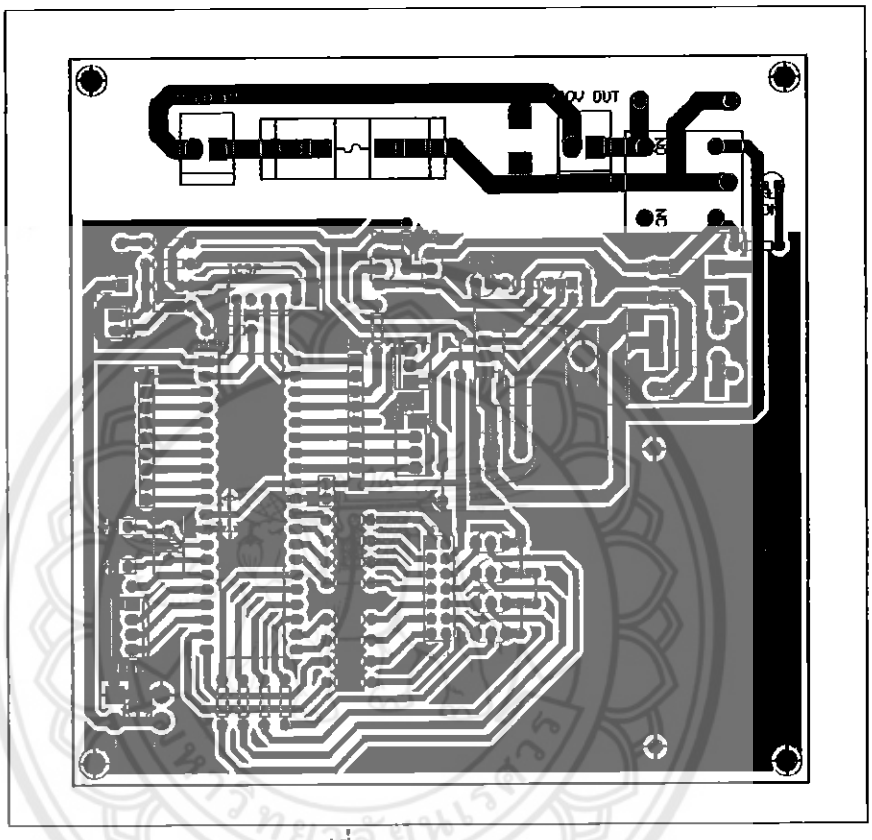
จากรูปที่ 3.8 เป็นการแสดงรูปวงจรควบคุมการทำงานของเครื่องนับวัตถุโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877



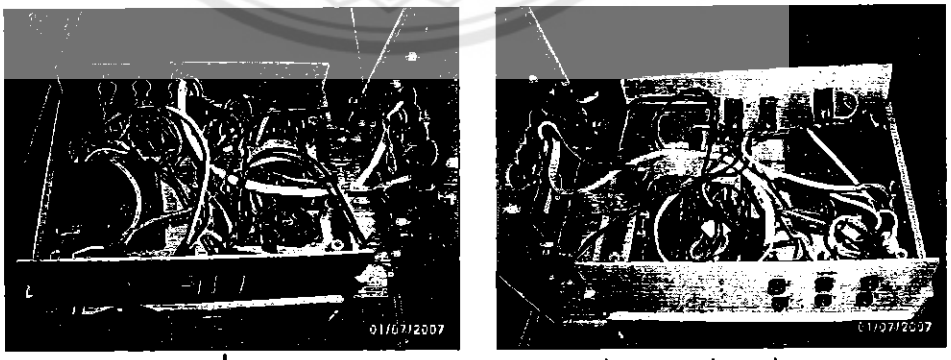
รูปที่ 3.8 แสดงวงจรควบคุมการทำงานของเครื่องนับวัตถุด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

3.9 การออกแบบฮาร์ดแวร์

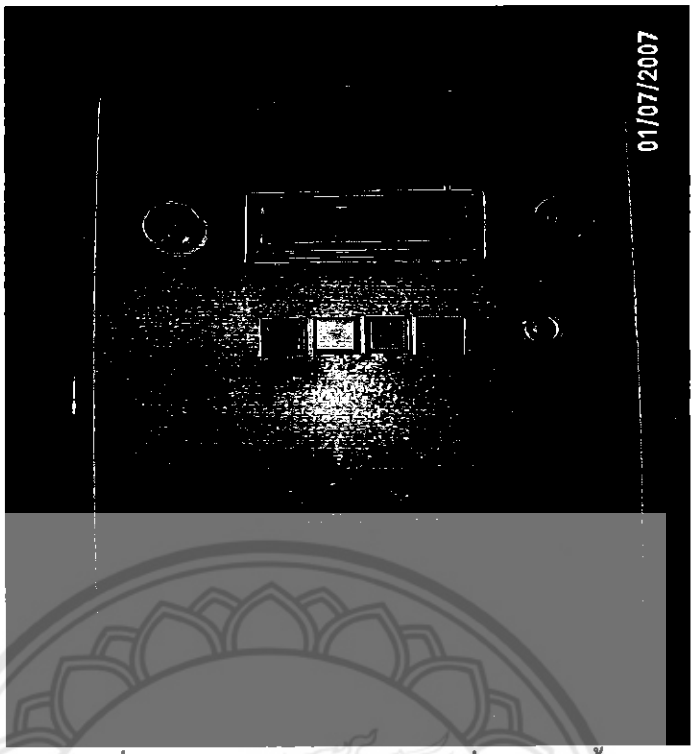
จากรูปที่ 3.8 เป็นการแสดงลาย PCB ที่ใช้ในการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ให้ตรงกับจุดที่ได้ออกแบบไว้ในรูปที่ 3.9 แสดงโครงสร้างภายในบอร์ดของฮาร์ดแวร์ และในรูปที่ 3.10 แสดงภาพกล่องควบคุมที่ได้พัฒนาขึ้น



รูปที่ 3.9 แสดงลาย PCB



รูปที่ 3.10 แสดงโครงสร้างภายในบอร์ดของฮาร์ดแวร์



รูปที่ 3.11 แสดงภาพกล่องควบคุมที่ได้พัฒนาขึ้น

บทที่ 4

การทดลองและผลทดลอง

4.1 วางแผนทำการทดลอง

1. ทำการติดตั้งอุปกรณ์
2. ทำการศึกษาวิธีการนับขวดน้ำดื่มของเครื่องบรรจุน้ำดื่มในโรงงานและขบวนการผลิต
3. ทำการวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.2 ตำแหน่งที่ต้องการติดตั้งอุปกรณ์

4.2.1 ตำแหน่งที่ต้องการติดตั้งเซนเซอร์

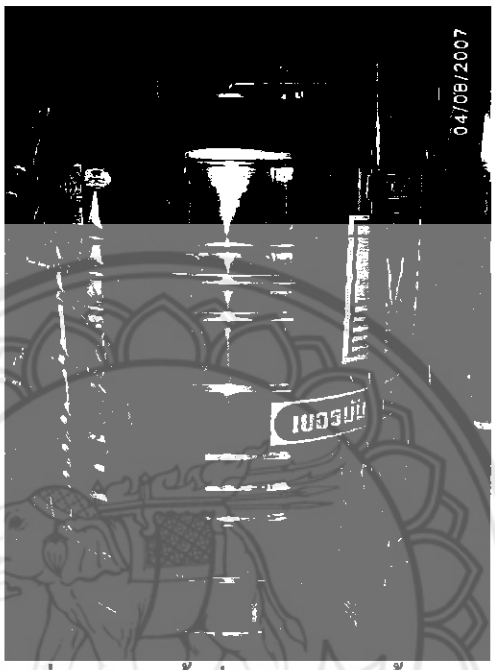
ในการติดตั้งเซนเซอร์เป็นตัวตรวจจับพัลส์ เพื่อทำการนับขวดน้ำที่เดินทางตามสายพานลำเลียงจะทำการติดตั้งที่ตำแหน่งด้านท้ายสุดของสายพานลำเลียง เพื่อการ ตรวจนับขวดน้ำที่มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

รูปที่ 4.1 ตำแหน่งที่จะทำการติดตั้งเซนเซอร์

รูปที่ 4.2 ทำการติดตั้งเซนเซอร์ที่ด้านท้ายสุดของสายพานลำเลียง

4.2.2 ตำแหน่งที่ต้องการติดตั้งลูกลอย

ในการติดตั้งลูกลอยจะทำการติดตั้งที่ในตัวถังเนื่องจากลูกลอยตำแหน่งที่ต้องการติดตั้งนั้นต้องอยู่ที่ระดับน้ำในถังที่ต้องการเนื่องจากขณะน้ำลดลงจากระดับที่กำหนดไว้ในถังลูกลอยที่ติดตั้งด้านในก็จะทำงานสวิทซ์ก็จะทำการต่อวงจรสั่งให้มอเตอร์ทำงาน



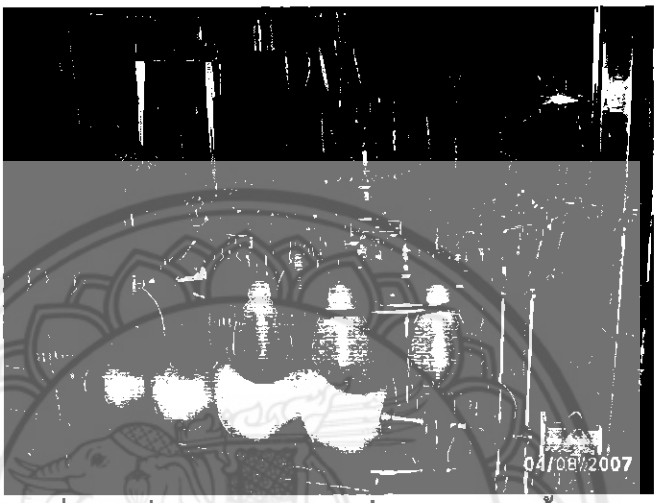
รูปที่ 4.3 ถังพักน้ำเพื่อรอการบรรจุน้ำลงขวด

รูปที่ 4.4 ตำแหน่งที่ต้องการติดตั้งลูกลอยในถังพักน้ำ

4.3 ทำการศึกษาวิธีการนับจำนวนขวดน้ำของเครื่องบรรจุน้ำดื่ม

4.3.1 ทำการนับโดยใช้คนงาน

ในการนับโดยใช้คนงานจะใช้การนับจำนวนของขวดน้ำหลังจากการผลิตเสร็จสิ้น ซึ่งวิธีนี้จะเสียเวลาในการนับและเกิดความผิดพลาดในการนับได้อีกด้วย วิธีการนับโดยใช้วิธีนี้นั้นจะนับขวดน้ำได้ในหนึ่งนาที ประมาณ 70-80 ขวด ซึ่งการนับเช่นนี้การเกิด Human Error สูง

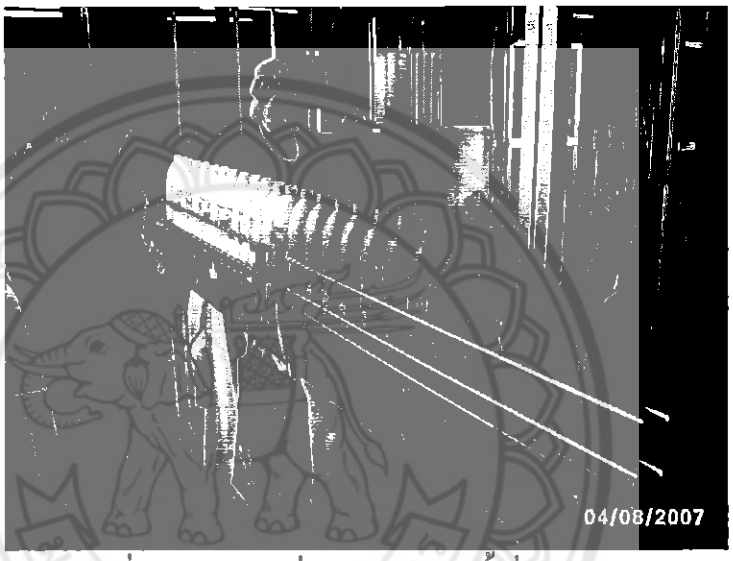


รูปที่ 4.5 เครื่องทำการล้างขวดเพื่อรอการบรรจุน้ำลงขวด

รูปที่ 4.6 แสดงวิธีการนับขวดน้ำดื่มโดยใช้คนงาน

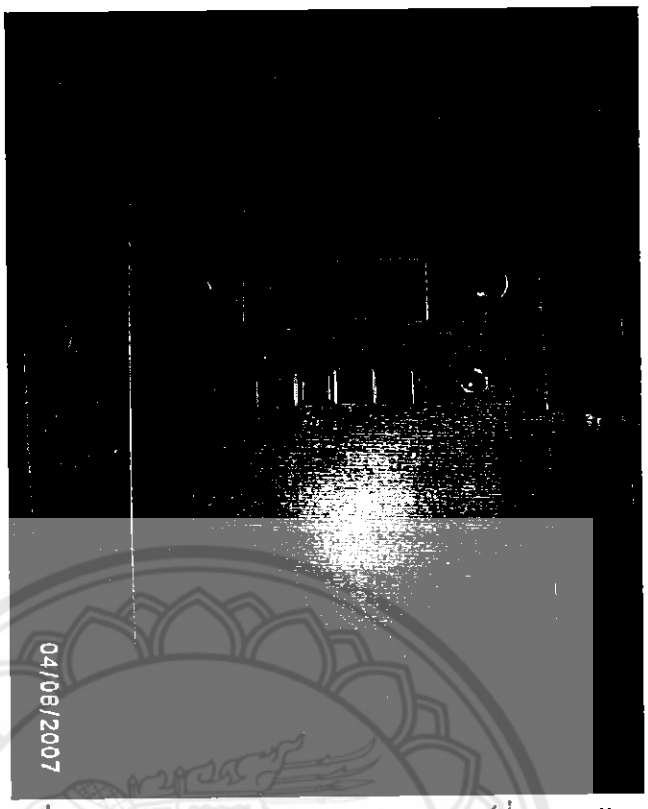
4.3.2 ทำการนับโดยใช้เครื่องนับวัตถุที่ได้ผลิตขึ้นมา

ในการนับโดยใช้เครื่องนับวัตถุจะต้องทำการติดตั้งอุปกรณ์ดังที่ได้สาธิตไว้ข้างต้นเมื่อขวดน้ำดื่มเลื่อนผ่านเซนเซอร์ซึ่งมีไว้เป็นตัวตรวจจับวัตถุที่ไหลผ่านไว้ด้านปลายสุดของสายพานลำเลียง โดยสายพานลำเลียงเป็นตัวลำเลียงขวดน้ำดื่มที่ทำการบรรจุเรียบร้อยแล้ว ให้ไหลผ่านเซนเซอร์และทำการส่งสัญญาณไปยังเครื่องนับวัตถุโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการนับจำนวนวัตถุที่ไหลผ่านตามความเป็นจริงและเก็บค่าบันทึกไว้ในอีอีพรอมและทำตามคำสั่งของโปรแกรมที่ได้เขียนไว้ในไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 4.7 ขวดเปล่าที่รอทำการบรรจุน้ำดื่มลงในขวด

รูปที่ 4.8 ขวดน้ำดื่มลำเลียงมาตามสายพานลำเลียงผ่านเซนเซอร์



รูปที่ 4.9 เครื่องนับวัตถุโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำการนับขวดน้ำดื่ม

รูปที่ 4.10 ขวดน้ำดื่มที่ทำการบรรจุเรียบร้อยแล้วรอการจำหน่ายออกสู่ตลาด

4.3.3 ตารางผลการนับจำนวนขวดน้ำดื่ม

จากผลการนับโดยใช้คนงานนับแสดงในตารางที่ 4.1 ส่วนในตารางที่ 4.2 ทำการนับโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถเก็บข้อมูลโดยนับเป็นนาทีมีผลดังตารางต่อไปนี้เป็นการนับจำนวนขวดน้ำดื่ม 15 ครั้งครั้งละ 1 นาที

จำนวนครั้งที่ทำการนับ	จำนวนที่นับได้ในเวลา 1 นาที
1	79
2	79
3	75
4	80
5	76
6	79
7	80
8	77
9	78
10	78
11	75
12	76
13	78
14	80
15	78

ตารางที่ 4.1 ผลการนับขวดน้ำดื่มโดยใช้คนงาน

จำนวนครั้งที่ทำการนับ	จำนวนที่นับได้ในเวลา 1 นาที
1	80
2	80
3	80
4	80
5	80
6	80
7	80
8	80
9	80
10	80
11	80
12	80
13	80
14	80
15	80

ตารางที่ 4.2 ผลการนับขวดน้ำดื่มโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

จะเห็นได้จากผลการนับจำนวนโดยใช้คนงานจะมีความคลาดเคลื่อนมากกว่าการนับโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งมีความแม่นยำมากกว่าอย่างเห็นได้ชัด

บทที่ 5
บทสรุป

5.1 สรุปผล

จากการดำเนินการศึกษาและทำโครงงานได้ผลสรุปดังนี้

5.1.1 เมื่อทำการติดตั้งและทำการใช้งานเป็นไปได้ด้วยดี สามารถใช้กับเครื่องบรรจุขวดน้ำและมอเตอร์ปั๊มน้ำได้จริง

5.1.2 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานตามที่ได้เขียนโปรแกรมไว้ สามารถควบคุมการทำงานเปิดปิดเครื่องบรรจุขวดน้ำและมอเตอร์ปั๊มน้ำด้วยรีเลย์ รับสัญญาณจากลูกลอยขณะที่ปริมาณน้ำลดลงจากถังเก็บน้ำเพื่อสั่งให้ปั๊มน้ำทำงานและรับสัญญาณจากเซนเซอร์ขณะที่ขวดเลื่อนผ่านเซนเซอร์ ทำให้เกิดพัลส์และทำการประมวลผล แสดงจำนวนที่เหลือจากการนับออกทาง LCD เพื่อทำการเปิดปิดเครื่องบรรจุขวดน้ำเมื่อนับถึงค่าที่ตั้งไว้

5.2 ประเมินผลและข้อเสนอแนะ

จากผลการดำเนินงานโครงงาน เมื่อเทียบกับวัตถุประสงค์ ได้ผลดังนี้

5.2.1 ออกแบบอุปกรณ์ควบคุมเครื่องนับวัตถุ

5.2.2 สามารถนำไปใช้ได้จริงกับเครื่องบรรจุขวดน้ำ

5.3 ปัญหา ข้อเสนอแนะและแนวทางแก้ไข

5.3.1 ในโครงงานนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้นั้นมีประสิทธิภาพมากหากมีการศึกษาให้ละเอียดกว่านี้สามารถพัฒนาให้ใช้กับงานที่มีความซับซ้อนได้ดียิ่งขึ้น

5.3.2 ในโครงงานนี้สามารถเป็นพื้นฐานในการศึกษาไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อไป

5.3.3 ควรศึกษาและปฏิบัติงานให้ตรงตามแผนดำเนินงาน เพื่อให้โครงงานเสร็จตามเวลา

ภาคผนวก (ก)
คู่มือการใช้และการตั้งจำนวนนับ

คู่มือการใช้

1. กดสวิตซ์เปิดด้านหลังเครื่อง
2. เครื่องจะทำงานโดยแสดงตัวเลขที่ทำการนับ
3. ถ้าจะให้เครื่องทำงานให้กดสวิตซ์ ***START*** จะเริ่มนับจำนวนถอยหลังในการสั่งรีเลย์
4. ถ้าไม่ทำงานแล้วให้ปิดสวิตซ์ด้านหลังเครื่อง

ขั้นตอนการตั้งเวลา

1. จะต้องหยุดเครื่องก่อนทำการตั้งจำนวนนับ
2. กดสวิตซ์ ***SET*** จะมีคำว่า ***COUNT:*** แสดงขึ้นมา
3. ทำการตั้งจำนวนถ้าจะเพิ่มหรือลดเวลาให้

   - กด ***UP*** เพื่อเพิ่มจำนวนในการนับ
   - กด ***DOWN*** เพื่อลดจำนวนในการนับ

   ถ้าต้องการให้ตั้งในหลักหน่วย,หลักสิบ,หลักร้อย,หลักพันให้กด ***MODE*** ซ้ำๆ
4. ถ้าปรับตั้งจำนวนนับแล้วให้กด ***SET*** อีกครั้ง และแสดงจำนวนในการนับ
5. กดสวิตซ์ ***START*** เพื่อเริ่มทำงานใหม่อีกครั้ง

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ภาคผนวก (ข)

โปรแกรมควบคุมการทำงาน

```
@ DEVICE HS_OSC
DEFINE osc 4
ADCON1 = 7                    ' Set PORTA and PORTE for digital operation
TRISA=%11111111
TRISB=%11011111
TRISE=%00000111
define LCD_BITS   4
define LCD_LINES  2
define LCD_DREG   PORTD
define LCD_DBIT   4
define LCD_RSREG  PORTD
define LCD_RSBIT  2
define LCD_EREG   PORTD
define LCD_EBIT   3

EEP_count_MSB con 1
EEP_count_LSB con 2
EEPROM_DAT var word
EEP_Setvar_MSB con 3
EEP_Setvar_LSB con 4
EEP_Total_MSB con 5
EEP_Total_LSB con 6

counter1 var word
Setvar1 var word
Total1 var word
 I var byte
```

```
SEL var byte

EEPROM 1,[0,0,100,0,0,0]
sensor var PORTE.0
SW1 var PORTE.1

SW_UP var PORTB.0
SW_DN var PORTB.1
SW_SEL var PORTB.2
SW_ENTER var PORTB.4
RELAY var PORTB.5
'----------------------
if SW_UP = 1 then
goto Start
endif

if SW_DN = 1 then
goto Start
endif

Clear_Total:

Total1=0
write EEP_Total_LSB,Total1.BYTE1
write EEP_Total_MSB,Total1.BYTE0

 LCDOUT  $FE,1
LCDOUT  $FE,$80,"Reset"
pause 2000
```

```
Start:

'----------------------
pause 100

read EEP_count_LSB,EEPROM_DAT.BYTE1
read EEP_count_MSB,EEPROM_DAT.BYTE0
counter1= EEPROM_DAT

read EEP_Setvar_LSB,EEPROM_DAT.BYTE1
read EEP_Setvar_MSB,EEPROM_DAT.BYTE0
Setvar1= EEPROM_DAT

read EEP_Total_LSB,EEPROM_DAT.BYTE1
read EEP_Total_MSB,EEPROM_DAT.BYTE0
Total1= EEPROM_DAT

gosub DISPLAY
'----------------------

SEL=0

LOOP:
  gosub DISPLAY
if counter1 > 0 then
   high RELAY
else
   LOW RELAY
ENDIF

WaitLow:
```

```
  if SW1 = 0 and counter1 <> Setvar1 then

    read EEP_Setvar_LSB,EEPROM_DAT.BYTE1
    read EEP_Setvar_MSB,EEPROM_DAT.BYTE0
    Setvar1= EEPROM_DAT

     counter1=Setvar1
     write EEP_count_LSB,counter1.BYTE1
     write EEP_count_MSB,counter1.BYTE0
     goto LOOP
  endif
  button SW_SEL,0,255,0,I,1,SET_UP
'  if SW_SEL = 0 then
'  goto SET_UP
if sensor = 1 then WaitLow

WaitHi:
if sensor = 0 then WaitHi

if counter1=0 then LOOP
counter1=counter1-1
write EEP_count_LSB,counter1.BYTE1
write EEP_count_MSB,counter1.BYTE0

Total1=Total1+1
write EEP_Total_LSB,Total1.BYTE1
write EEP_Total_MSB,Total1.BYTE0

gosub DISPLAY

goto LOOP
```

```
DISPLAY:
 LCDOUT  $FE,1
 LCDOUT  $FE,$80,"C:",DEC counter1
 LCDOUT  $FE,$C0,"T:",DEC Total1
return

' "N:65535/T:65535"
DISPLAY_SETUP:
 LCDOUT  $FE,1

   if SEL = 0 then LCDOUT  $FE,$80,"SET1   :"
   if SEL = 1 then LCDOUT  $FE,$80,"SET10  :"
   if SEL = 2 then LCDOUT  $FE,$80,"SET100 :"
   if SEL = 3 then LCDOUT  $FE,$80,"SET1000:"

 LCDOUT  $FE,$C0,DEC Setvar1
return

SET_UP:

low RELAY
gosub DISPLAY_SETUP

SET_UP2:
pause 300

button SW_SEL,0,255,0,I,1,SEL_PREES
button SW_UP,0,255,0,I,1,UP_PREES
button SW_DN,0,255,0,I,1,DN_PREES
button SW_ENTER,0,255,0,I,1,ENTER_PREES
```

```
goto SET_UP2


SEL_PREES:

  SEL=SEL+1
  if SEL>3 then
  SEL=0
  endif
goto SET_UP

UP_PREES:

  if SEL = 3 and Setvar1 <= 59000  then
    Setvar1=Setvar1+1000
  endif

  if SEL = 2 and Setvar1 <= 59900  then
    Setvar1=Setvar1+100
  endif

  if SEL = 1 and Setvar1 <= 59990  then
    Setvar1=Setvar1+10
  endif
  if SEL = 0 and Setvar1 <= 59999  then
    Setvar1=Setvar1+1
  endif
'gosub DISPLAY_SETUP
goto SET_UP
```

```
DN_PREES:

   if SEL = 3 and Setvar1 >= 1000  then
      Setvar1=Setvar1-1000
   endif

   if SEL = 2 and Setvar1 >= 100  then
      Setvar1=Setvar1-100
   endif

   if SEL = 1 and Setvar1 >= 10  then
      Setvar1=Setvar1-10
   endif
   if SEL = 0 and Setvar1 >= 1  then
      Setvar1=Setvar1-1
   endif
'gosub DISPLAY_SETUP
goto SET_UP

 ENTER_PREES:

     EEPROM_DAT = Setvar1
     WRITE EEP_Setvar_LSB,EEPROM_DAT.BYTE1
     write EEP_Setvar_MSB,EEPROM_DAT.BYTE0

     counter1=Setvar1
     write EEP_count_LSB,counter1.BYTE1
     write EEP_count_MSB,counter1.BYTE0

 goto LOOP
  end
```

เอกสารอ้างอิง

[1] กฤษดา ใจเย็น. ณัฏฐพล วงศ์สุนทรชัย. ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. เรียนรู้และใช้งาน PICBASIC PRO คอมไพเลอร์. กรุงเทพมหานคร : บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด, 2521

[2] ณัฏฐพล วงศ์สุนทรชัย. ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์. กรุงเทพมหานคร : บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด, 2521

[3] เดชฤทธิ์ มณีธรรม. คัมภีร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC (Microcontroller). กรุงเทพมหานคร : เคทีพี คอมพ์ แอนด์ คอนซัลท์, 2549

[4] พิษณุ วิทยศิลป์. มังกร หริรักษ์. สู่โลกอิเล็กทรอนิกส์. กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2539

[5] มงคล ทองสงคราม. เครื่องจักรกลไฟฟ้า. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร : บริษัท รามาการพิมพ์ จำกัด, 2541

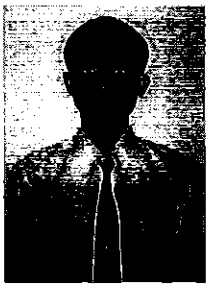
[6] รัชนัย อินทุใส. การทำงานของเซนเซอร์. กรุงเทพมหานคร : ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, 2546

[7] สุภชัย ปัญญาวีร์. คู่มือการลดต้นทุนผลิตด้านพลังงาน. กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2549

[8] หนังสือพิเศษด้านอิเล็กทรอนิกส์. รวมโครงงานอิเล็กทรอนิกส์ 10. กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2543

[9] อภิเชษฐ์ การัยภูมิ. อิเล็กทรอนิกส์อย่างง่าย. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร : นานมีบุ๊คส์พับลิเคชั่นส์, 2547

ประวัติผู้เขียนโครงงาน



นายปฏิวัติ หงษ์เวียงจันทร์

วัน/เดือน/ปีเกิด 13 พฤษภาคม 2527

ภูมิลำเนา 245 ม.3 ต.หนองโสน อ.สามง่าม จ.พิจิตร 66140

การศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนหนองโสนพิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail : patiwat_engi@hotmail.com