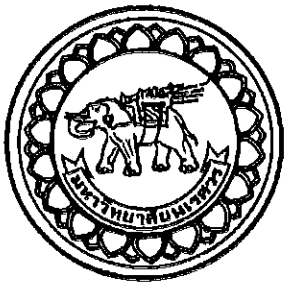
อภินันทนาการ



เครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ

AUTOMATIC COUNTER FOR COUNTING ARM SWING

นายชฎิลพงษ์ บุญนุ่ม รหัส 53362570

นายภาณุพงษ์ พิมพ์โนนทอง รหัส 53362945

นายอาริยะ ทิพย์อุทัย รหัส 53363256

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร

วันลงทะเบียน 10 มิ.ย. 2560

เลขทะเบียน 17195291

เลขเรียกหนังสือ.....

ป
ต12ก
2557

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2557

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	เครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ	
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายชฎิลพงษ์ บุญนุ่ม	รหัส 53362570
	นายภาณุพงษ์ พิมพ์โนนทอง	รหัส 53362945
	นายอาริยะ ทิพย์อุทัย	รหัส 53363256
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ แย้มเม่น	
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า	
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์	
ปีการศึกษา	2557	

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ แย้มเม่น)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พนัส นัถฤทธิ์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิทย์ กิระวิทยา)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	เครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ	
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายชฎิลพงษ์ บุญนุ่ม	รหัส 53362570
	นายภาณุพงษ์ พิมพ์โนนทอง	รหัส 53362945
	นายอาริยะ ทิพย์อุทัย	รหัส 53363256
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ แย้มเม่น	
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า	
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์	
ปีการศึกษา	2557	

บทคัดย่อ

โดยทั่วไป ผู้ทำการกายภาพบัดโรคด้วยการแกว่งแขนมักเกิดปัญหาการนับการแกว่งแขนจำนวนหลายๆ ครั้ง ในผู้สูงอายุอาจเกิดความผิดพลาดในการนับการแกว่งแขน ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ นำเสนอเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ โดยเครื่องนี้สามารถนับจำนวนการแกว่งแขนได้ตั้งแต่ 1 ถึง 9999 ครั้งและสามารถวัดระดับองศาการแกว่งแขนตั้งแต่ 0 ถึง 150 องศา พร้อมมีเสียงแจ้งเตือน เมื่อแกว่งแขนครบตามกำหนด จากการทดสอบการนับการแกว่งแขนที่ระดับองศาต่างๆ พร้อมทั้งทดสอบระยะที่เครื่องสามารถตรวจจับการแกว่งแขนได้ พบว่าเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้น สามารถนับการแกว่งแขนได้อย่างถูกต้องตามจำนวนที่ผู้ทำกายภาพบำบัดได้กำหนด

Project title	Automatic Counter for Counting Arm Swing
Name	Mr. Chadinpong Bunnum ID.53362570
	Mr. Panupong Pimnontong ID.53362945
	Mr. Ariya Thiputhai ID.53363256
Project advisor	Assistant Professor Suchart Yammen, Ph.D.
Major	Electrical Engineering
Department	Electrical and Computer Engineering
Academic year	2014

Abstract

Generally, swing arm in several times may cause a mistake in counting. This project proposes the development of automatic counter for counting swing arm. To evaluate the performance the proposed counter by swing arms from 1 to 9999 times and measuring degrees of swing arm from 0 to 150 degrees with voice notifications when completed, the results reveal the automatic counter for counting swing arm can accurately count swing arm .

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาเป็นอย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ แย้มเม่น ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน และให้ความกรุณาในการตรวจทานปริญญานิพนธ์ คณะผู้ดำเนินโครงงานขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงและขอระลึกถึงความกรุณาของท่านไว้ตลอดไป

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พนัส นัถฤทธิ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิทย์ กิระวิทยา ซึ่งเป็นคณะกรรมการในการสอบโครงงานที่ให้คำแนะนำ ชี้แนะแนวทาง และข้อคิดเห็นต่างๆที่เป็นประโยชน์ในโครงงานนี้ ทำให้โครงงานนี้ออกมาสมบูรณ์แบบยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนกวรรณ ศรีสุภรกรกุล และนายประทีป สังแป้น ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ต่างๆตลอดระยะเวลาของการศึกษาเล่าเรียน ซึ่งเป็นความรู้ที่สามารถนำไปใช้ในการทำโครงงานนี้และยังสามารถนำไปใช้ในการประกอบอาชีพในอนาคต

เหนือสิ่งอื่นใด คณะผู้ดำเนินโครงงานขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ ผู้มอบความรัก ความเมตตา สติปัญญา รวมทั้งเป็นผู้ให้ทุกสิ่งทุกอย่างตั้งแต่วัยเยาว์จวบจนถึงปัจจุบัน คอยเป็นกำลังใจทำให้ได้รับความสำเร็จอย่างทุกวันนี้ และขอขอบคุณทุกๆคนในครอบครัวของ คณะผู้ดำเนินโครงงานที่ไม่ได้กล่าวไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นายชฎิลพงษ์ บุญนุ่ม
นายภาณุพงษ์ พิมพ์โนนทอง
นายอาริยะ ทิพย์อุทัย

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ซ
สารบัญรูป ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2
1.4 ขั้นตอนและแผนดำเนินงาน 3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงาน 3
1.6 งบประมาณ 3

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น 4
2.1 การบำบัดด้วยวิธีการแกว่งแขน 4
2.1.1 วิธีและหลักสำคัญของการแกว่งแขน 5
2.1.2 วิธีการแกว่งแขน 6
2.1.3 เคล็ดวิชา 16 ประการ ของกายบริหารแกว่งแขน 8
2.1.4 ความสำคัญในการแกว่งแขน 9
2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATMEGA328P-PU 10
2.2.1 โครงสร้างไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATMEGA328P-PU 11
2.3 โครงสร้างของโปรแกรมภาษาซี 13
2.4 โฟโต้เซลล์ (Photo Cell) 14
2.5 เซนเซอร์อินฟราเรด (Infrared sensor) 16
2.6 ระบบแหล่งจ่ายแรงดันไฟ 17

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.7 สวิตช์เมตริกซ์ 18
2.7.1 กำหนดรหัสประจำตำแหน่งของสวิตช์เมตริกซ์หรือคีย์แพด 19

บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงงาน 20
3.1 ศึกษาและค้นคว้าทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง 20
3.2 แผนผังการดำเนินงาน 20
3.2.1 การทำงานของชุดควบคุมเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ 20
3.2.2 หลักการทำงานชุดควบคุมเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ 21
3.3 ระบบเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ 23
3.3.1 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ 24
3.3.2 วงจรแปลงไฟและจ่ายไฟ 25
3.3.3 การเชื่อมต่อ จอแอลซีดี 20x4 26
3.3.4 การเชื่อมต่อระบบเซนเซอร์อินฟราเรด 26
3.3.5 การเชื่อมต่อระบบลำโพงเสียงเตือน 27
3.3.6 การเชื่อมต่อของสวิตช์เมตริกซ์ 27
3.4 ออกแบบลายวงจรเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ 28
3.5 โครงสร้างเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ 29

บทที่ 4 ผลการทดสอบและผลการวิเคราะห์ 30
4.1 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ โดยการปรับองศาการแกว่งแขนที่ระดับ 15 องศา ถึง 150 องศา 30
4.2 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ โดยเปรียบเทียบจากเวลา 43
4.2.1 การทดลองโดยกำหนดเวลาตั้งแต่ 5 นาที ถึง 30 นาที กับจำนวนครั้งที่เครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ นับได้ 44
4.3 การทดสอบระยะการตรวจจับของเซ็นเซอร์อินฟราเรด 45
4.4 การทดสอบความสามารถในการทำงานของชุดควบคุมในการตั้งค่าจำนวนการแกว่งแขน 46

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 48

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงงาน 48

5.2 ปัญหาและการแก้ไข 48

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา 48

เอกสารอ้างอิง 49

ภาคผนวก ก โปรแกรมการทำงานของเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ 50

ภาคผนวก ข คู่มือการใช้งาน เครื่องนับการแกว่งแขนอัตโนมัติ 66

ภาคผนวก ค รายละเอียด IC Atmega328P 72

ภาคผนวก ง รายละเอียด IC LM7805 80

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 85

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 รายละเอียดการทำงานแต่ละขาของไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATMEGA328P 11
2.2 หน่วยความจำและขอบเขตของข้อมูลแต่ละประเภท 14
2.3 การกำหนดรหัสประจำตำแหน่งของสวิตช์เมตริกซ์หรือคีย์แพด 19
3.1 พอร์ตอินพุต/เอาท์พุต ของไมโครคอนโทรลเลอร์ 24
4.1 ตารางการปรับองศาในการทดลอง 32
4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ โดยปรับระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 15 องศา 33
4.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ โดยปรับระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 30 องศา 34
4.4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ โดยปรับระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 45 องศา 35
4.5 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ โดยปรับระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 60 องศา 36
4.6 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ โดยปรับระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 75 องศา 37
4.7 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ โดยปรับระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 90 องศา 38
4.8 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ โดยปรับระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 105 องศา 39
4.9 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ โดยปรับระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 120 องศา 40
4.10 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ โดยปรับระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 135 องศา 41
4.11 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องช่วยนับการแกว่งแขน โดยปรับระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 150 องศา 42
4.12 ผลการทดลองโดยการตั้งค่านาฬิกาจับเวลากับจำนวนครั้งที่เครื่องช่วยนับการแกว่งแขนนับครั้งได้ 44
4.13 ตารางตรวจสอบการวัดระยะของเซนเซอร์อินฟราเรดตั้งแต่ 0 เซนติเมตร โดยเพิ่มขึ้นที่ละ 10 เซนติเมตร 47

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ทรวงอกปล่อยว่างตามสบาย หลังตั้งตระหง่านให้ตรง 6
2.2 เอวเป็นแกนเพลา นิ้วเท้างอจิกแน่นกับพื้น 6
2.3 ข้างหน้าทำมุมกับลำตัว 30 องศาข้างหลังทำมุม 60 องศา กับลำตัว 7
2.4 บริเวณต่อมน้ำเหลืองภายในร่างกาย 10
2.5 รูปแบบการทำงานของขาไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATMEGA328P-PU 12
2.6 ลักษณะจอแอลซีดี 20x4 (LCD) 15
2.7 เครื่องรับและเครื่องส่งอยู่ที่เดียวกัน 16
2.8 เครื่องรับเครื่องส่งอยู่ต่างที่กัน 16
2.9 วงจรเร็กติไฟเออร์เต็มคลื่นแบบบริดจ์ 17
2.10 สวิทซ์เมตริกซ์ 4x3 18
2.11 วงจรสวิทซ์เมตริกซ์ ขนาด 4x3 18
3.1 แผนผังระบบชุดควบคุมเครื่องช่วยนับการแกว่งแขน 20
3.2 แผนผังชุดควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ 22
3.3 ระบบเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ 23
3.4 ระบบประมวลผลโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 24
3.5 วงจรควบคุมค่าแรงดันสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ 25
3.6 วงจรจอแอลซีดี 26
3.7 การเชื่อมต่อระบบเซนเซอร์อินฟราเรด 26
3.8 การเชื่อมต่อระบบสัญญาณเสียงเตือน 27
3.9 การเชื่อมต่อของสวิตซ์เมตริกซ์ 27
3.10 ลายวงจรเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ 28
3.11 โครงสร้างเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ 30
4.1 ภาพเครื่องจำลองการแกว่งแขนเพื่อเก็บข้อมูลในการทดลอง 30
4.2 ภาพแสดงเครื่องช่วยนับการแกว่งแขนและตำแหน่งของเซนเซอร์ 31
4.3 ภาพแสดงมาตรวัดองศาที่ติดอยู่กับเครื่อง 31
4.4 ภาพแสดงระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 15 องศา 33
4.5 ภาพแสดงระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 30 องศา 34
4.6 ภาพแสดงระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 45 องศา 35
4.7 ภาพแสดงระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 60 องศา 36

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.8 ภาพแสดงระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 75 องศา 37
4.9 ภาพแสดงระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 90 องศา 38
4.10 ภาพแสดงระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 105 องศา 39
4.11 ภาพแสดงระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 120 องศา 40
4.12 ภาพแสดงระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 135 องศา 41
4.13 ภาพแสดงระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 150 องศา 42
4.14 ภาพแสดงนาฬิกาจับเวลาในโทรศัพท์มือถือยี่ห้อ Apple 43
4.15 ภาพแสดงระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 ที่ 60 องศาและเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 2 ที่ 30 องศา 43
4.16 การทดสอบระยะการตรวจจับของเซ็นเซอร์อินฟราเรด 45
4.17 ภาพแสดงการตั้งค่าการแกว่งแขนจำนวน 100 ครั้ง 46
4.18 ภาพแสดงการนับการแกว่งแขนจำนวน 58 ครั้ง 46
4.19 ภาพแสดงการบันทึกค่าจำนวนการแกว่งแขนที่ทำค้างไว้ 46
4.20 ภาพแสดงการบันทึกค่าการแกว่งแขนที่ค้างไว้หลังปิด-เปิดเครื่อง 47

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

บางครั้งการออกกำลังกายสำหรับบางคนเป็นเรื่องที่ยาก อาจเป็นเพราะไม่ค่อยมีทักษะด้านกีฬา จึงมีหนึ่งทางเลือกเพื่อเป็นการส่งเสริมร่างกายให้มีความแข็งแรง สุขภาพดี โดยใช้หลักการออกกำลังกายอย่างง่ายๆ ซึ่งการแพทย์มีทางเลือกการออกกำลังกายหลากหลายรูปแบบที่ส่งผลต่อระบบหัวใจและหลอดเลือด ซึ่งหนึ่งในทางเลือกนั้นก็คือ " การแกว่งแขน " เดิมมีชื่อว่า " คัมภีร์เคลื่อนย้ายเส้นเอ็นของพระโพธิธรรม " ใช้หลักทฤษฎี " เลือดลม " ของแพทย์แผนโบราณจีน ใช้ระบบการเคลื่อนไหวของกลไก " ลม " พลังความร้อน ซึ่งได้จากการเผาพลาญในร่างกาย เพื่อให้สมรรถภาพของ " เลือด " และการไหลเวียนดี ขณะแกว่งแขนร่างกายต้องยืนตรง ขาตรง นิ้วเท้าต้องใช้แรงจิกลงกับพื้น ระยะห่างของสองขากว้างเท่าช่วงไหล่ สองแขนแกว่งไปข้างหน้าเบากว่าแกว่งไปข้างหลังตามแรงเฉื่อยของการแกว่งแขน ให้ระดับเสมอกัน สองแขนจะต้องเหยียดตรงแต่ไม่เกร็ง ตามองตรงไปเบื้องหน้าไม่วอกแวก ท่าการแกว่งแขนไปด้านหน้า 30 องศาและแกว่งแขนไปด้านหลัง 60 องศา ใช้เวลาประมาณ 30 นาที เริ่มต้นจาก 200 ถึง 300 ครั้งก่อน แล้วค่อย ๆ เพิ่มจำนวนครั้งจนกระทั่งถึง 1000 ถึง 2000 ครั้ง

จากข้างต้นที่กล่าวมาทางคณะผู้จัดทำโครงงานได้ไปเห็นผู้ที่ทำกายภาพบำบัดด้วยวิธีแกว่งแขน จึงเล็งเห็นปัญหาเกี่ยวกับการนับจำนวนหลายๆ ครั้งอันเป็นสาเหตุที่ทำให้ผู้ทำกายภาพบำบัดนับจำนวนครั้งผิดพลาดและองศาในการแกว่งแขนของผู้ทำกายภาพบำบัดไม่สม่ำเสมอ ด้วยปัญหานี้จึงทำให้คณะผู้จัดทำโครงงานคิดค้นสร้างเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ ขึ้นมาช่วยในการนับโดยสามารถตั้งค่าจำนวนครั้งในการแกว่งแขนแล้วแสดงผลออกหน้าจอและยังสามารถปรับองศาในการแกว่งแขนตั้งแต่ 0 ถึง 150 องศาได้ เมื่อเริ่มต้นการแกว่งแขน เครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ ก็จะทำการนับจำนวนการแกว่งแขนของผู้ที่ทำกายภาพบำบัด ซึ่งจะทำให้ทราบจำนวนการแกว่งแขนได้กี่ครั้งโดยแสดงผลผ่านทางหน้าจอและเมื่อครบตามกำหนดเครื่องจะส่งเสียงเตือนว่าแกว่งแขนได้ครบตามจำนวนที่ได้ตั้งค่าไว้ก่อนเริ่มทำงานเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ เพื่อแก้ปัญหาความผิดพลาดและช่วยบันทึกจำนวนการแกว่งแขนได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ ที่สามารถปรับระดับองศาในการแกว่งแขนและตั้งค่าจำนวนครั้งในการแกว่งแขนและสามารถบันทึกจำนวนครั้งในการแกว่งแขนได้โดยแสดงผลออกหน้าจอแสดงผลแล้วมีเสียงเตือนเมื่อแกว่งแขนครบตามจำนวนที่กำหนด

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ ATMEGA328P-PU เป็นตัวควบคุม ในการทำงาน

1.3.2 ใช้เซ็นเซอร์อินฟราเรดตัวรับ-ตัวส่งในการตรวจจับการแกว่งแขน

1.3.4 สามารถกำหนดจำนวนครั้งตั้งแต่ 1 ถึง 9999 ครั้งในการแกว่งแขนโดยแสดงผลออกหน้าจอแสดงผลได้

1.3.5 มีเสียงเตือนเมื่อแกว่งแขนครบตามจำนวนที่กำหนดไว้

1.3.6 เมื่อเครื่องช่วยนับการแกว่งแขนทำงานสามารถหยุดการทำงาน และเริ่มทำงานต่อเนื่องได้ทันที่

1.3.7 สามารถตั้งค่าองศาตั้งแต่ 0 ถึง 150 องศาในการแกว่งแขนได้

1.3.8 สามารถปรับตั้งระยะความสูงตั้งแต่ 85 ถึง 165 เซนติเมตร

1.3.9 สามารถเก็บและสะดวกในการเคลื่อนย้าย

1.3.10 สามารถบันทึกค่าจำนวนครั้งที่ทำค้างไว้ได้

1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน

กิจกรรม	ปี 2558			
	พ.ค	มิ.ย	ก.ค	ส.ค
1.ศึกษาและค้นคว้าทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง				
2.ออกแบบชุดควบคุม				
3.ออกแบบวงจรเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ				
4.ออกแบบลายวงจรเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ				
5.ออกแบบโครงสร้างเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ				
6.การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ				
7.วิเคราะห์ผลการทดลองสรุปผลการทดลองปัญหาและข้อเสนอแนะ				
8.จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์				

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้เครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติด้วยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์จำนวนหนึ่งเครื่อง

1.5.2 ได้พัฒนาความรู้เกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์และโปรแกรมควบคุม

1.5.3 สามารถสร้างองค์ความรู้พื้นฐานเพื่อที่จะพัฒนาไปสู่ความรู้ทางวิชาการและวิศวกรรมที่สูงขึ้น

1.6 งบประมาณ

1.6.1 ค่าอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ 1,500 บาท

1.6.2 ค่าถ่ายเอกสารและค่าจัดทำรูปเล่ม 1,500 บาท

รวมเป็นเงิน (สามพันบาทถ้วน) 3,000 บาท

หมายเหตุ: ถัวเฉลี่ยทุกรายการ

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

ในบทนี้จะศึกษาหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องซึ่งเริ่มต้นศึกษาจากการบำบัดด้วยวิธีการแกว่งแขน ไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATMEGA328P-PU โครงสร้างของโปรแกรมภาษาซี โฟโต้เซลล์ เซนเซอร์อินฟราเรด ระบบแหล่งจ่ายแรงดันไฟ และสวิตช์เมตริกซ์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 การบำบัดด้วยวิธีการแกว่งแขน

บางครั้งการออกกำลังกายสำหรับบางคนเป็นเรื่องที่ยาก อาจเป็นเพราะไม่ค่อยมีทักษะด้านกีฬา จึงขอเสนอทางเลือกเพื่อเป็นการส่งเสริมร่างกายให้มีความแข็งแรงสุขภาพดี โดยใช้หลักการออกกำลังกายอย่างง่ายๆ ซึ่งการแพทย์ทางเลือกมีการออกกำลังกายหลากหลายรูปแบบที่ส่งผลต่อระบบหัวใจและหลอดเลือดและความกระชับของกล้ามเนื้อ กล่าวถึงการแพทย์แผนไทยมีมาตั้งแต่รัชกาลที่ 5 และปัจจุบันรัฐบาลมีนโยบายที่ให้นำการแพทย์แผนโบราณกลับมาใช้อีกครั้ง ทั้งเรื่องการป้องกันโรค และการส่งเสริมสุขภาพ การแพทย์แผนเดิมที่นำวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้และถ่ายทอดเป็นระบบ เป็นเอกลักษณ์ของประเทศนั้นๆ หรือที่เรียกว่าแพทย์แผนไทย ในการแพทย์แผนไทยมักอาศัยแนวทางหลักพุทธศาสนามาประยุกต์ใช้ร่วมกับการรักษา ส่วนการแพทย์แผนจีนที่มีการสืบทอดวิธีการมานาน จึงเป็นหนึ่งศาสตร์ที่ขอนำทางเลือกวิธีการออกกำลังกายในการควบคุมน้ำหนักได้โดยอาศัย หลักวิทยาศาสตร์การกีฬามาประยุกต์ใช้ นั่นคือ "การแกว่งแขน" เดิมมีชื่อว่า "คัมภีร์เคลื่อนย้ายเส้นเอ็นของพระโพธิธรรม" ใช้หลักทฤษฎี "เลือดลม" ของแพทย์แผนโบราณจีน ใช้ระบบการเคลื่อนไหวของกลไก "ลม" พลังความร้อน ซึ่งได้จากการเผาพลาญในร่างกาย เพื่อให้สมรรถภาพของ "เลือด"และการไหลเวียนดี

การแกว่งแขนเป็นการออกกำลังกายที่ทำได้ง่ายและไม่มีข้อจำกัดกับผู้สูงอายุที่มีปัญหาข้อเข่าเสื่อมโรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน และโรคเรื้อรังอื่นๆ แต่สำหรับผู้ป่วยโรคหัวใจหากรู้สึกเหนื่อยขณะแกว่งแขนควรหยุดพัก การแกว่งแขนเป็นการออกกำลังกายที่ช่วยเพิ่มออกซิเจนให้แก่ร่างกาย ทำให้ออกซิเจนไหลเวียนไปตามเส้นเลือดทั่วร่างกายได้ดีขึ้น ซึ่งช่วยให้กล้ามเนื้อแขน-ขาของผู้สูงอายุมีการหดตัวและคลายตัวได้อย่างเป็นปกติ เมื่อผู้สูงอายุมีการฝึกการแกว่งแขนอย่างสม่ำเสมอควบคุมความหนัก ความถี่ ความบ่อยของการออกกำลังกายอย่างเป็นระบบ จะทำให้ผู้สูงอายุรู้สึกผ่อนคลายนอนหลับได้ดีขึ้นและยังทำให้การทำงานของร่างกายผู้สูงอายุมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (เรืองศักดิ์ ศิริผล) จากการวิเคราะห์อภิมาน (meta-analysis) งานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า การออกกำลังกายโดยการแกว่งแขนช่วยควบคุมระดับความดันโลหิตของผู้สูงอายุได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Warburton, Nicol, & Bredin) ซึ่งสามารถอธิบายได้หลายกลไก ได้แก่ การออก

กำลังกายมีผลต่อหัวใจและหลอดเลือดทำให้กล้ามเนื้อหัวใจมีขนาดใหญ่และมีความแข็งแรงมากขึ้น มีผลให้การเต้นของหัวใจลดลงรวมทั้งทำให้การไหลเวียนเลือดไปเลี้ยงอวัยวะต่างๆดีขึ้น นอกจากนี้การออกกำลังกายจะทำให้มีการใช้พลังงานจากไขมันที่สะสมในร่างกายเพิ่มขึ้นและยังมีผลให้ระดับคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ในเลือดลดลง ระดับไขมันที่มีความหนาแน่นสูง ในเลือดเพิ่มขึ้นและระดับไขมันที่มีความหนาแน่นต่ำในเลือดลดลง ช่วยให้การตีบแคบและอุดตันหลอดเลือดแดงลดลง

สำหรับประโยชน์ของการแกว่งแขนมีงานวิจัยพบว่าช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเบาหวาน ให้อยู่ในระดับปกติได้ และช่วยชะลอการเสื่อมของข้อเข่าและกระดูกสันหลัง (Bonaiuti, Shea, & Lovine) นอกจากนั้นยังมีผู้กล่าวถึงประโยชน์ของการแกว่งแขนว่า สามารถรักษาอาการและโรคต่างๆ ได้มากมาย เช่น อาการเป็นลม โรคระบบทางเดินอาหาร โรคอัมพาต โรคความดันโลหิตสูง โรคมะเร็ง โรคตา โรคตับ ไขข้ออักเสบ และยังทำให้รู้สึกเจริญอาหาร เดินกระฉับกระเฉง นอนหลับสบาย ท้องไม่ผูก (มูลนิธิรัศมีธรรม) ส่วนผลข้างเคียงทางด้านลบของการแกว่งแขนในผู้สูงอายุยังไม่มีผู้ใดกล่าวถึง

2.1.1 วิธีและหลักสำคัญของการแกว่งแขน

1.นอกจากนี้ถ้าต้องให้ได้ผลดีมากจะต้องคำนึงสิ่งต่อไปนี้ก่อนแกว่งแขน

2.ควรให้ท้องว่างจึงจะดี เพราะจะไม่กระทบกระเพาะอาหาร

3.ศีรษะตั้งตรงตามมองไปข้างหน้า

4.เมื่อเริ่มต้นควรได้ 300-500 ครั้ง วันต่อไปเพิ่มขึ้นเรื่อยๆแต่ไม่เกิน 2000 ครั้งต่อวัน เพราะจะเสียพลังงาน ต้องนับด้วยตนเอง เป็นการสร้างสมาธิไปในตัว

5.หลักการจำ ร้อยแรกให้กำหนดอยู่บนกระหม่อม ร้อนที่สองไว้ที่หูซ้าย ร้อยที่สามไว้ที่หูขวา ร้อยที่สี่ไว้ที่จมูก ร้อยที่ห้าไว้ที่คาง ร้อยที่หกขึ้นไปบนกระหม่อมอีกครั้ง แล้วก็วนไปเรื่อยๆ

6.กำหนดระยะเวลาแกว่ง ประมาณ 500 เที่ยวอยู่ที่ 15 นาทีถ้า 2000 เที่ยวอยู่ที่ 1 ชั่วโมง

7.เวลาแกว่งแขน ให้เอาปลายลิ้นแตะเพดานปากเบาๆตลอดเวลา

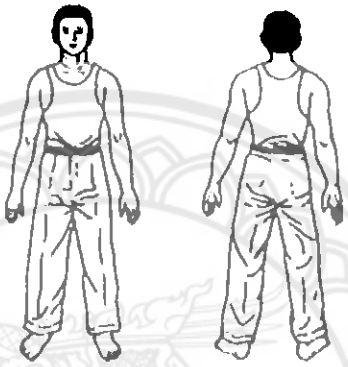
8.กลั้นลมหายใจ จากแกว่งแขน 30 ครั้ง แล้วค่อยๆปล่อยลมหายใจ เพื่อกระตุ้นเลือดลมของอวัยวะภายใน หรือน้อยกว่าตามเหมาะสม

9.การดึงปากทวาร เพ่งความคิดไปไว้ที่นั้นก็จะดี บังคับให้มันอย่างหย่อนลงซึ่งสามารถช่วยลมปราณในท้องให้แข็งแรง

2.1.2 วิธีการแกว่งแขน

การแกว่งแขนต้องทำด้วยความนุ่มนวล อย่างแข็งแระด้าง จิตใจรวมศูนย์ มีสมาธิอย่างฟุ้งซ่าน เพราะหากไม่ทำให้ถูกต้องจะเป็นผลเสียมากกว่า เพราะเลือดลมจะตาลปัตรเสียเวลา เมื่อทำการแกว่งแขนถูกวิธี จะทำให้มีการเรอ ผายลม สองขาปวดเมื่อย เหงื่อออก หน้าแดง ไม่ต้องวิตกกังวล แสดงว่าการบีบตัวของกระเพาะลำไส้เพิ่มขึ้น ย่อยกระเดื้องขึ้น การเมื่อยหมายถึงเลือดลมไปถึงข้างล่างแล้ว

1.ยืนตรง สองขาแยกจากกัน ห่างเท่าช่วงกว้างของไหล



รูปที่ 2.1 ทรวงอกปล่อยว่างตามสบาย หลังตั้งตระหง่านให้ตรง

2.สองแขนห้อยอยู่ข้างตัวตามธรรมชาติ นิ้วชิดกันฝ่ามือหันไปด้านหลัง

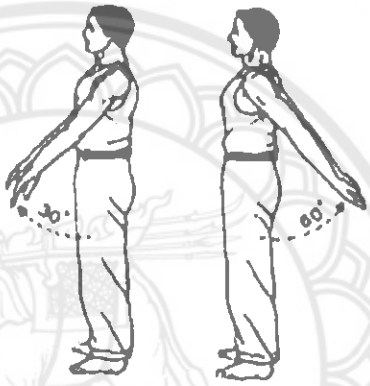
รูปที่ 2.2 เอวเป็นแกนเพลา นิ้วเท้างอจิกแน่นกับพื้น

3.ท้องน้อยหดเข้า เอวตั้ง หลังยก อกคอคลาย หัวและปากปล่อยเป็นธรรมชาติ

4.ปลายเท้าออกแรงจิกพื้น ส้นเท้า ต้องเหยียบกดแน่นกับพื้น ให้ตัวเองเกิดความรู้สึกว่ากล้ามเนื้อต้นขาและน่องอยู่ในภาวะเครียด

5.สองตาเลือกจับอยู่ที่จุดใดจุดหนึ่งเบื้องหน้า ปัดความคิดฟุ้งซ่านออกไปให้หมด ตั้งสมาธิรวมศูนย์ความสนใจอยู่ที่ขาทั้งคู่

6.แกว่งแขนเริ่มด้วยไปข้างหน้าเบา ไม่ต้องออกแรงระดับความสูงของแขนให้เป็นไปตามธรรมชาติ ให้อยู่ในตำแหน่งทำมุมกับลำตัวประมาณ 30 องศา ในตอนนี้ให้สนใจนับจำนวนเที่ยวและต้องสนใจใช้แรงที่ปลายเท้า ส้นเท้าและท่อนขา ครั้งเมื่อสองแขนแกว่งลงมาอยู่ในทางห้อยข้างลำตัวก็ให้แกว่งไปข้างหลัง หนัก ควรออกแรงสักหน่อย แกว่งจนเมื่อกล้ามเมื่อมีปฏิกิริยาสะท้อนกลับเกิดขึ้นแล้วจึงแกว่งกลับคืนในตอนนี้ ระดับสูงของแขนควรอยู่ในตำแหน่งทำมุม 60 องศากับลำตัว



รูปที่ 2.3 ข้างหน้าทำมุมกับลำตัว 30 องศาข้างหลังทำมุม 60 องศากับลำตัว

7.เคลื่อนไหวแกว่งแขนซ้ำเรื่อยไป จำนวนเริ่มจากน้อยไปสู่มากค่อยๆ เพิ่มขึ้นที่ละน้อย จากครั้งละ 200-300 เพิ่มเป็น500-600-1000-1500-2000 ครั้งโดยทำ2000 ครั้งต่อ 1 ชั่วโมง

การแกว่งแขนต้องอาศัยความอดทน การแกว่งแขนแต่ละครั้งจะมากหรือน้อยย่อมขึ้นอยู่กับร่างกายของแต่ละคนว่าอ่อนแอ หรือแข็งแรงเพียงใดอย่าใจร้อน อย่าฝืน แต่ก็ไม่ใช่ทำตามสบาย เพราะหากปล่อยตามใจชอบแล้ว ก็จะขาดความเชื่อมั่นต่อการออกกาลังกาย และจะไม่เกิดผลเมื่อเริ่มปฏิบัติอย่าออกแรงหักโหมมากเกินไป ให้แกว่งแขนไปตามปกติ ทำอย่างนิ่มนวลไม่ใช่แกว่งอย่างเอาเป็นเอาตาย ควรทำจิตใจให้เป็นสมาธิ อย่าฟุ้งซ่านถ้าหากไม่มีสมาธิแล้วเลือดก็จะหมุนเวียนสับสนไม่เป็นระเบียบ ทำให้การปฏิบัติไม่สัมฤทธิ์ผลเท่าที่ควร

ส่วนผู้ที่มีร่างกายปกติหากปฏิบัติเป็นประจำ จะช่วยเสริมสร้างสุขภาพพลานามัยให้ดียิ่งขึ้น ช่วยให้อารมณ์แจ่มใสจิตใจเบิกบานและเป็นสุข หลังจากการทำกายบริหารแกว่งแขนแล้วควรเดินพักตามสบายเพื่อผ่อนคลายร่างกายและจิตใจ

2.1.3 เคล็ดวิชา 16 ประการ ของกายบริหารแกว่งแขน

1.ส่วนบนปล่อยให้ว่างหมายถึง ส่วนบนของร่างกายคือศีรษะควรปล่อยให้ว่างเปล่าอย่าคิดฟุ้งซาน มีสมาธิแน่วแน่ควรทำอย่างตั้งอกตั้งใจมีสติ

2.ส่วนล่างควรให้แน่นหมายถึง ส่วนล่างของร่างกายใต้บั้นเอวลงไป ต้องให้ลมปราณสามารถเดินได้สะดวก เพื่อให้เกิดพลังสมบูรณ์ ฉะนั้นคำว่า "ส่วนบนว่าง ส่วนล่างแน่น" จึงเป็นหลักสำคัญอย่างยิ่งในการบริหารแกว่งแขน ขณะทำกายบริหารหากไม่สามารถเข้าถึงจุดนี้ได้แล้ว ก็จะทำให้ได้ผลน้อยลงไปมากทีเดียว

3.ศีรษะให้แขวนลอยหมายถึง ศีรษะของท่านจะต้องปล่อยสบายๆ ประหนึ่งว่ากำลังแขวนลอยไว้ในอากาศ กล้ามเนื้อบริเวณลำคอจะต้องปล่อยให้ผ่อนคลายไม่เกร็ง ไม่ควรโน้มศีรษะไปข้างหน้าหรือหงายไปข้างหลังหรือเอียงไปข้างๆ ต้องมองตรงไม่ก้มไม่เงยหน้า

4.ปากปล่อยให้เงียบสงบตามปกติหมายถึง ไม่ควรหุบปากแน่นหรืออ้าปากไปตามจังหวะที่ออกแรงแกว่งแขนไม่ควรให้ปากอ้าตามใจชอบ ให้หุบปากเพียงเล็กน้อยโดยผ่อนคลายกล้ามเนื้อคือ ไม่เม้มริมฝีปากจนแน่น

5.ทรวงอกเหมือนปุยฝ้าย คือกล้ามเนื้อทุกส่วนบนทรวงอกต้องให้ผ่อนคลายเป็นธรรมชาติ เมื่อกล้ามเนื้อไม่เกร็งก็จะอ่อนนุ่มเหมือนปุยฝ้าย

6.หลังยืดตรงให้ตระหง่านหมายความว่า ไม่แอ่นหน้าแอ่นหลัง หรือก้มตัวจนหลังโก่งต้องปล่อยแผ่นหลังให้ยืดตรงตามธรรมชาติ

7.บั้นเอวตั้งตรงเป็นแกนเพลาหมายถึง บั้นเอวต้องให้เหมือนเพลารถต้องให้อยู่ในลักษณะตรง

8.ลำแขนแกว่งไกวหมายถึง แกว่งแขนทั้งสองข้างไปมา ได้จังหวะอย่างสม่ำเสมอ

9.ข้อศอกปล่อยให้ลดต่ำตามธรรมชาติหมายถึง ขณะที่แกว่งแขนทั้งสองข้างไปข้างหน้าและข้างหลังนั้น อย่าให้แขนแข็งที่อควรให้ข้อศอกงอเล็กน้อยตามธรรมชาติ

10.ข้อมือปล่อยให้หนักหน่วงหมายถึง ขณะที่แกว่งแขนทั้งสองข้างนั้นควรผ่อนคลายกล้ามเนื้อที่ข้อมือ เมื่อไม่เกร็งแล้วจะรู้สึกคล้ายมือหนักเหมือนเป็นลูกตุ้มถ่วงอยู่ปลายแขน

11.สองมือพายไปตามจังหวะแกว่งแขนหมายถึง ขณะที่แกว่งแขนนั้นฝ่ามือด้านในหันไปด้านหลัง ทำท่าคล้ายกับกำลังพายเรือ

12.ช่วงท้องปล่อยตามสบายหมายถึง เมื่อกล้ามเนื้อบริเวณช่องท้องถูกปล่อยให้ผ่อนคลายแล้วจะรู้ดีกว่าแข็งแกร่งขึ้น

13.ช่วงขาผ่อนคลาย หมายถึง ขณะที่ยืนให้เท้าทั้งสองแยกห่างกันนั้นควรผ่อนคลายกล้ามเนื้อช่วงขา

14.บั้นท้ายควรให้งอนขึ้นเล็กน้อยหมายถึง ระหว่างทำกายบริหารนั้น ต้องหดก้นคือขมิบทวารหนัก คล้ายยกสูงให้หดหายเข้าไปในลำไส้

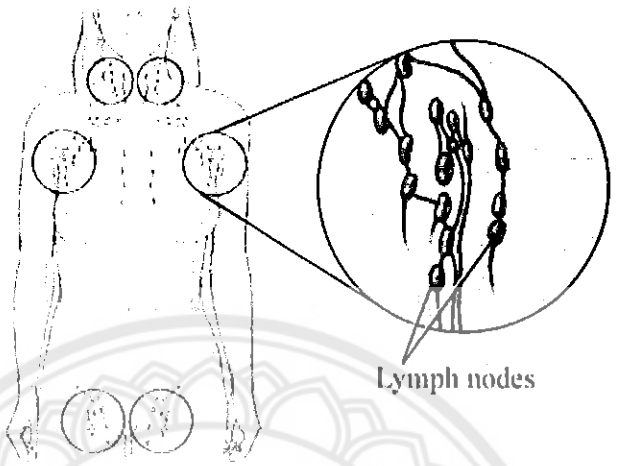
15.ส้นเท้ายืนถ่วงน้ำหนักเสมือนก้อนหินหมายถึง การยืนด้วยส้นเท้าที่มั่นคงยึดแน่นเหมือนก้อนหินไม่มีการสั่นคลอน

16.ปลายนิ้วเท้าทั้งสองข้างต้องงอจิกแน่นกับพื้นหมายถึง ขณะที่ยืนนั้นปลายนิ้วเท้าทั้งสองข้างต้องงอจิกแน่นกับพื้นเพื่อยึดให้มั่นคง

2.1.4 ความสำคัญในการแกว่งแขน

ปัจจุบันกระทรวงสาธารณสุขได้ออกมารณรงค์ ให้ออกกำลังกายด้วยการแกว่งแขนโดยอ้างว่าลดพุงได้อีกด้วย หลายคนแปลกใจว่าเกี่ยวกันตรงไหนกับการแกว่งแขน (แบบตำราแพทย์แผนจีนที่ใช้กันมานับพันปี) ใต้หัวไหล่ที่เรียกว่ารักแร้นั้น คือชุมทางของต่อมน้ำเหลืองขนาดใหญ่บริเวณขาหนีบนั่นก็ชุมทางของต่อมน้ำเหลืองขนาดใหญ่ การขยับหัวไหล่และรักแร้การแกว่งแขนก็ดี การว่ายน้ำที่ขยับทั้งหัวไหล่และขาหนีบก็ดี ล้วนแล้วแต่เป็นการออกกาลังให้ต่อมน้ำเหลืองขยับเพิ่มการไหลเวียนน้ำเหลือง จึงไม่ใช่ของเล่นธรรมดาๆ คำว่าระบบน้ำเหลืองนั้นหมายรวมถึง ม้าม ต่อมทอนซิล ต่อมไธมัส ต่อมน้ำเหลืองต่างๆ น้ำเหลือง ท่อน้ำเหลือง นับเป็นระบบที่ร่างกายสร้างขึ้นมาเพื่อทำความสะอาด ชำระล้างของร่างกายอันจำเป็นต่อการรักษาสุขภาพให้แข็งแรง เยียวยาความเจ็บป่วย เพราะระบบน้ำเหลืองมีหน้าที่ขนถ่ายของเสียพิษที่สะสมในร่างกาย เศษของเซลล์ที่ตายแล้วออกไปกำจัดยังอวัยวะที่รับผิดชอบและขับออกไปจากร่างกาย นอกจากนี้ยังมีหน้าที่สร้างเม็ดเลือดขาว แอนตี้บอดี้ของระบบภูมิคุ้มกัน ตลอดระยะทางของท่อน้ำเหลืองจะมีต่อมน้ำเหลืองอยู่เป็นระยะๆ เพื่อช่วยกรองสารแปลกปลอม เชื้อโรค ที่มีอันตราย ตับเป็นอวัยวะที่ทำงานควบคู่ไปกับระบบน้ำเหลือง โดยตับมีหน้าที่สร้างน้ำเหลืองเป็นส่วนมาก และตับก็อาศัยน้ำเหลืองนี่เองขนส่งสารอาหารที่ย่อยแล้วจากตับและลำไส้เล็ก ไปส่งต่อให้กับเซลล์และอวัยวะต่างๆ ม้ามเป็นอวัยวะขนาดใหญ่ที่สุดของระบบน้ำเหลือง มีหน้าที่กรอง และกำจัดเซลล์เม็ดเลือดแดงที่หมดอายุ และเป็นอวัยวะที่มีบทบาทสำคัญของระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย ใครก็ตามที่ผ่าตัดเอาม้าม ต่อมทอนซิล ต่อมไธมัสออกไป จะติดเชื้อได้ง่ายขาดภูมิต้านทาน หากการไหลเวียนของน้ำเหลืองติดขัด จะทำให้ต่อมน้ำเหลืองบวม อักเสบบริเวณที่น้ำเหลืองไหลเวียน และสังเกตได้ชัดเจนได้แก่ ลำคอ หลังใบหู ท้ายทอย หน้าอก รักแร้ใต้หัวไหล่ ท้องแขน หน้าท้องกึ่งกลางระหว่างหน้าอกกับสะดือ บริเวณขาหนีบ เนื่องจากน้ำเหลืองไม่มีปั๊ม เหมือนระบบเลือด ที่มีหัวใจเป็นปั๊มดังนั้นการกระตุ้นให้น้ำเหลืองไหลเวียนดีขึ้นจึงต้องพึ่งพิงการออกกำลังกาย และการหายใจให้ลึกๆเป็นหลัก เพื่อเขย่ากระตุ้นการไหลเวียนน้ำเหลือง ด้วยการขยับกล้ามเนื้อ และกระบังลม การเต้นกระโดดบน trampoline ดูจะเป็นวิธีการที่กระตุ้นน้ำเหลืองได้ทั่วร่างกาย หากเต้นไม่ได้ก็อาจใช้วิธี กัวซ่า การนวดด้วยน้ำมัน การนวดแผนไทย ใครก็ตามที่มักมีอาการ ผิวซีด ซูบซีด หลงๆลืมๆ ติดเชื้อบ่อยๆ เป็นหวัดเจ็บคอเสมอๆ

เริ่มมีเซลลูไลท์เพิ่ม มากขึ้น ให้สงสัยระบบน้ำเหลืองติดขัด ไหลเวียนไม่ดี ทั้งนี้ก็เข้าใจได้ไม่ยากนัก เพราะของเสีย ขยะมีพิษ ตกค้างสะสมนั่นเอง อย่าละเลยอาการน้ำเหลืองติดขัด โดยไม่ได้รักษา เพราะนานวันเข้าพิษร้ายอาจทำให้ล้มหมอนนอนเสื่อด้วยมะเร็งในต่อมน้ำเหลือง



รูปที่ 2.4 บริเวณต่อมน้ำเหลืองภายในร่างกาย

2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATMEGA328P-PU

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้งานในปัจจุบันมีอยู่ด้วยกันหลายรุ่น ในแต่ละโครงสร้างอันได้แก่ หน่วยความจำภายใน จำนวนขา จำนวนพอร์ต ที่แตกต่างกัน ดังนั้นการเลือกไมโครคอนโทรลเลอร์ไปใช้งาน จึงขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้ หรือความเหมาะสมของงานในโครงสร้างนี้ ผู้ดำเนินโครงงานเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega328P มีคุณสมบัติดังนี้

1.เลือกใช้ตระกูลเอวีอาร์ (AVR) เบอร์ ATmega328P ของแอทเมล (ATMEL)

2.หน่วยความจำแฟลช FLASH 32 กิโลไบต์ SRAM 2 กิโลไบต์ EEPROM 1 กิโลไบต์

3.พอร์ตอินพุตเอาต์พุตจำนวน 23 บิต

4.วงจรสื่อสารอนุกรม

5.วงจรนับ/จับเวลาขนาด 8 บิต จำนวน 2 ตัว และขนาด 16 บิตจำนวน 1 ตัว

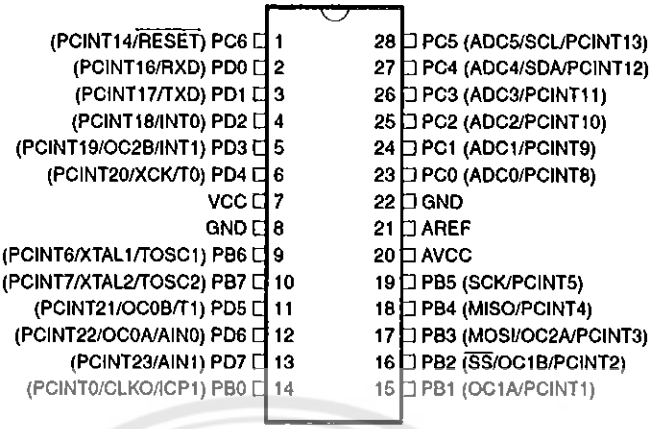
6.สนับสนุนช่องสัญญาณสำหรับสร้าง Pulse Width Modulation (PWM) จำนวน 6 ช่องสัญญาณ

7.วงจรแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอลขนาด 10 บิตในตัวจำนวน 8 ช่อง

8.ทำงานได้ตั้งแต่ย่านแรงดัน 1.8-5.5 โวลต์ดีซี

9.ความถี่ใช้งานสูงสุด 16 เมกะเฮิรตซ์

2.2.1 โครงสร้างไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATMEGA328P-PU



รูปที่ 2.5 รูปแบบการทำงานของขาไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATMEGA328P-PU

ตารางที่ 2.1 รายละเอียดการทำงานแต่ละขาของไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลขATMEGA328P-PU

ขา	หน้าที่การทำงาน
VCC	แรงดันดิจิตอล
GND	สำหรับต่อลงกราวด์
Port B (P0-P7) XTAL1/XTAL2/TOSC1/TOSC2	พอร์ต B เป็น 8 บิตสองทิศทางพอร์ต I / O มีตัวต้านทานพูล-อัพภายใน (เลือกสำหรับแต่ละบิต)พอร์ต B บัฟเฟอร์ส่งออก tri-stated เมื่อตั้งค่าเงื่อนไขจะกลายเป็นการใช้งาน แม้ว่านาฬิกาไม่ได้ทำงานทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการตั้งค่าฟิวส์เลือกนาฬิกา PB6 สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลในการขยายสัญญาณแบบกลับหัวPB7 สามารถใช้เป็นเอาท์พุทจากขยายการกลับหัวออสซิลเลเตอร์
Port C (P0-P5)	พอร์ต C เป็น 7 บิตสองทิศทางพอร์ต I / O ที่มีความต้านทานภายในดึงขึ้น (เลือกสำหรับแต่ละบิต) PC5-0 บัฟเฟอร์ส่งออกมีลักษณะสมมาตรไดรฟ์ที่มีทั้งอ่างสูงและความสามารถในการแหล่งที่มา ในฐานะที่เป็นปัจจัยการผลิตขาพอร์ต C ที่มีต่ำดึงภายนอกจะมาปัจจุบันถ้าตัวต้านทานดึงขึ้นจะเปิดใช้งาน ขาพอร์ต C ที่ระบุไว้เมื่อสภาพการตั้งค่าจะกลายเป็นที่ใช้งานแม้ว่านาฬิกาไม่ได้ทำงาน

ขา	หน้าที่การทำงาน
Port C (P6)	หาก RSTDISBL ฟิวส์เป็นโปรแกรม PC6 จะใช้เป็นขา I / O โปรดทราบว่าลักษณะไฟฟ้าของ PC6 แตกต่างกันจากบรรดาขาอื่นๆ ของพอร์ต C
Port D (P0-P5)	พอร์ต D เป็น 8 บิตสองทิศทางพอร์ต I / O ที่มีความต้านทานภายในดึงขึ้น (เลือกสำหรับแต่ละบิต) พอร์ต D บัฟเฟอร์ส่งออกมีลักษณะสมมาตรไดรฟ์ที่มีทั้งอ่างสูงและความสามารถในการแหล่งที่มา ในฐานะที่เป็นปัจจัยการผลิตขาพอร์ต D ที่มีต่ำดึงภายนอกจะมาปัจจุบันถ้าตัวต้านทานดึงขึ้นจะเปิดใช้งาน ขาพอร์ต D เป็นไปที่ระบุไว้เมื่อสภาพการตั้งค่าจะกลายเป็นที่ใช้งานแม้ว่านาฬิกาไม่ได้ทำงาน
Port 0 (P0.0-P0.7)	เป็นขาอินพุตและเอาท์พุตให้กับอุปกรณ์ภายนอกแบบโอเพ่นเดรน ดังนั้นการใช้งานพอร์ต 0 จึงจำเป็นต้องต่อตัวต้านทานพูลอัพ นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็นขาแอดเดรสบัสในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกและบัสข้อมูล (D0-D7)เพื่อรับข้อมูลการโปรแกรมให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์
AV_{cc}	AVCC เป็นขาแรงดันสำหรับ A/D Converter PC3 และ ADC7 มันควรจะเชื่อมต่อภายนอกเพื่อ VCC แม้ว่า ADC ไม่ได้ใช้ ถ้า ADC ถูกนำมาใช้ก็ควรจะเชื่อมต่อกับ VCC ผ่านตัวกรองต่ำผ่านโปรดสังเกตว่า PC6 การใช้แรงดันดิจิตอล
AV_{cc}	AVCC เป็นขาแรงดันสำหรับ A/D Converter PC3และ ADC7มันควรจะเชื่อมต่อภายนอกเพื่อ VCCแม้ว่า ADC ไม่ได้ใช้ ถ้า ADC ถูกนำมาใช้ก็ควรจะเชื่อมต่อกับ VCC ผ่านตัวกรองต่ำผ่านโปรดสังเกตว่าPC6 การใช้แรงดันดิจิตอล

2.3 โครงสร้างของโปรแกรมภาษาซี

โปรแกรมในภาษาซีทุกโปรแกรมจะประกอบด้วยฟังก์ชันอย่างน้อยหนึ่งฟังก์ชันคือ ฟังก์ชันหลักโดยโปรแกรมภาษาซีจะเริ่มทำงานที่ฟังก์ชันหลักก่อนในแต่ละฟังก์ชันจะประกอบด้วย

1.Function Heading ประกอบด้วยชื่อฟังก์ชัน และอาจมีรายการของ argument (บางคนเรียก parameter) อยู่ในวงเล็บ

2.Variable Declaration ส่วนประกาศตัวแปร สำหรับภาษาซี ตัวแปรหรือค่าคงที่ทุกตัว ที่ใช้ในโปรแกรมจะต้องมีการประกาศก่อนว่าจะใช้งานอย่างไร จะเก็บค่าในรูปแบบใดเช่น interger หรือ real number

3.Compound Statements ส่วนของประโยคคำสั่งต่างๆ ซึ่งแบ่งเป็นประโยคเชิงซ้อน (compound statement) กับ ประโยคนิพจน์ (expression statment) โดยประโยคเชิงซ้อนจะอยู่ภายในวงเล็บปีกกาคู่หนึ่ง { และ } โดยในหนึ่งประโยคเชิงซ้อน จะมีประโยคนิพจน์ที่แยกจากกันด้วยเครื่องหมาย semicolon (;) หลายๆ ประโยครวมกัน และ อาจมีวงเล็บปีกกาใส่ประโยคเชิงซ้อนย่อยเข้าไปอีกได้

Reversed Keywords หรือคำสงวน คำสงวนพวกนี้ เป็นคำที่เป็นคำสั่งพิเศษ ที่โปรแกรมต้องการใช้ห้ามให้เรานำคำเหล่านี้ ไปตั้งเป็นชื่อตัวแปร ซึ่งเราจะได้พบเห็นในตอนต่อๆไป คำสงวนเหล่านี้ ได้แก่

__eeprom	enum	static	__flash	extern	struct
__interrupt	flash	switch	__task	float	typedef
_bool	for	union	break	goto	unsigned
bit	if	void	bool	inline	volatile
case	int	while	char	interrupt	sfrw
const	long	continue	register	default	return
defined	short	do	signed	double	sizeof
eeprom	sfrb	else			

Identifiers ในการตั้งชื่อตัวแปร ตัวใหญ่ กับตัวเล็ก ให้ความหมายที่ต่างกันเราสามารถที่จะตั้งชื่อตัวแปรขึ้นต้นด้วย ตัวอักษรA...Z หรือ a.....z หรือใช้ตัว __ เครื่องหมาย underscore ในการนำหน้าชื่อตัวแปร ก็ได้

Data Types ชนิดของข้อมูลแต่ละประเภท ใช้จำนวนหน่วยความจำที่แตกต่างกัน และให้ขอบเขตของค่าข้อมูลที่แตกต่างกันดังตารางด้านล่างนี้

ตารางที่ 2.2 หน่วยความจำและขอบเขตของข้อมูลแต่ละประเภท

Type	Size(Bits)	Range
bit	1	0, 1
bool, _Bool	8	0, 1
char	8	-128 to 127
unsigned char	8	0 to 255
signed char	8	-128 to 127
int	16	-32768 to 32767
unsigned int	16	0 to 65535
signed int	16	-32768 to 32767
long int	32	-2147483648 to 2147483647
unsigned long int	32	0 to 4294967295
signed long int	32	-2147483648 to 2147483647
float	32	+/- 1.175e-38 to +/-3.402e38
double	32	+/- 1.175e-38 to +/-3.402e38

2.4 โฟโต้เซลล์ (Photo Cell)

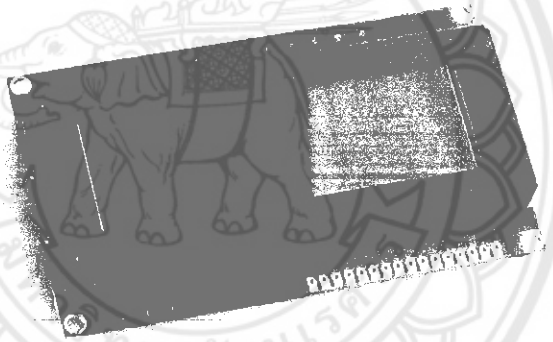
เทคโนโลยีมอนิเตอร์แอลซีดี ย่อมาจากหน้าจอแสดงผลผลึกเหลว (Liquid Crystal Display)ซึ่งเป็นจอแสดงผลแบบดิจิตอล (Digital) โดยภาพที่ปรากฏขึ้นเกิดจากแสงที่ถูกปล่อยออกมาจากหลอดไฟด้านหลังของจอภาพ (Black Light) ผ่านชั้นกรองแสง (Polarized filter) แล้ววิ่งไปยังคริสตัลเหลวที่เรียงตัวด้วยกัน 3 เซลล์คือ แสงสีแดง แสงสีเขียวและแสงสีน้ำเงินกลายเป็นพิกเซล (Pixel) ที่สว่างสดใสเกิดขึ้น นอกจากนี้เทคโนโลยีที่พัฒนำมาใช้กับ แอลซีดี สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

1.โพสซิธีฟเมทริกต์ (Super-Twisted Nematic) เป็นเทคโนโลยีแบบเก่าที่ให้ความคมชัดและความสว่างน้อยกว่า ใช้ในจอโทรศัพท์มือถือทั่วไป

2.แอกซิธีฟเมทริกต์ (Thin Film Transistors) สามารถแสดงภาพได้คมชัดและสว่างกว่าแบบแรก ใช้ในจอมอนิเตอร์หรือโน้ตบุ๊ก สทิวเท็ดนีมาติก (Twisted Nematic) คือสารประเภทนี้จะมีการจัดโครงสร้างโมเลกุลเป็นเกลียว แต่ถ้าผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปมันก็จะคลายตัวออกเป็นเส้นตรง เราใช้ปรากฏการณ์นี้เป็นตัวกำหนดว่าจะให้แสงผ่านได้หรือไม่ได้ สทิวเท็ดนีมาติกผลึกเหลวชนิดนี้จะ

ให้เราสามารถเปลี่ยนทิศทางการสั่นของคลื่นแสงได้ 90 องศาเซลเซียส ถึง 150 องศาเซลเซียส คือ เปลี่ยนจากแนวตั้งให้กลายเป็นแนวนอนหรือเปลี่ยนกลับกันจากแนวนอนให้เป็นแนวตั้งก็ได้ ด้วยจุดนี้เองทำให้การค่าตอบสนองสัญญาณเทียบกับเวลา (Response Time) มีค่าสูง

หลักการพื้นฐานคือการบังคับให้หยดของผลึกเหลว (Liquid crystal) ซึ่งมีแผ่นแก้วกักเอาไว้ให้ไปปิดรูช่องแสง ซึ่งแสงถูกฉายมาจากด้านหลังของหน้าจอ ก่อให้เกิดการแสดงผลเป็นตัวอักษรหรือตัวเลขในรูปแบบต่างๆได้ตามต้องการ จุดเด่นของหน้าจอแอลซีดีขาว-ดำหรือเรียกอีกอย่างว่าหน้าจอแบบโมโนโครล์ คือการทำงานที่ไม่อาศัยปืนยิงอิเล็กตรอน จึงช่วยให้ด้านลึกของจอภาพมีขนาดสั้นกว่ามอนิเตอร์แบบซีดีที (CDT) ถึง 3 เท่าและด้วยรูปร่างที่แนบราบทางด้านหน้าและด้านหลัง ขนาดเล็กกะทัดรัดและน้ำหนักเบาและประหยัดพลังงานไฟฟ้า สำหรับการแสดงในโครงงานนี้ถูกออกแบบให้แสดงบนจอแสดงผลแอลซีดีแบบ 16 ตัวอักษร 2 บรรทัดซึ่งแสดงตัวอย่างของแอลซีดีดังรูปที่ 2.6



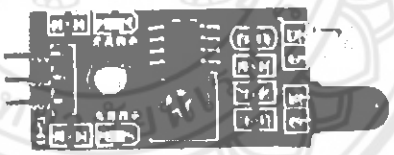
รูปที่ 2.6 ลักษณะจอแอลซีดี 20x4 (LCD)

เมื่อมีแสงส่องถูกขั้วลบจะเกิดอิเล็กตรอน อิเล็กตรอนจะวิ่งจากขั้วลบไปยังขั้วบวก ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นในวงจร กระแสไฟฟ้านี้จะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณของแสงที่โฟโต้อิเล็กทริกเซลล์อยู่ และเมื่อมีแสงแล้วการทำงานของเครื่องก็จะทำงานปกติ แต่เมื่อเครื่องทำงานแล้วไม่มีแสงเกิดขึ้น

2.5 เซนเซอร์อินฟราเรด (Infrared sensor)

อินฟราเรดเป็นแสงที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่ามี ความถี่อยู่ในช่วง 1,011 ถึง 1,014 เฮิรตซ์ หรือความยาวคลื่น 700 นาโนเมตร ถึง 1 มิลลิเมตร เนื่องจากแสงอินฟราเรด มีความยาวคลื่นที่สั้นมีคุณสมบัติที่เด่น คือ จะเดินทางเป็นแนวเส้นตรงและไม่สามารถเดินทางผ่าน สิ่งกีดขวางหรือวัตถุได้ จึงเป็นที่นิยมนำมาใช้ในการสื่อสารในระยะสั้นๆ เช่น รีโมทสำหรับควบคุม วิทยุ โทรทัศน์ เป็นต้น หรือตรวจจับสิ่งของต่างๆ อินฟราเรดเซ็นเซอร์จะประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนเครื่องรับและเครื่องส่ง ส่วนเครื่องส่งจะทำหน้าที่ส่งแสงอินฟราเรดให้กับเครื่องรับใช้ Iried เป็นตัวรับแสงอินฟราเรด แสงที่ส่งออกมาจะมีช่วงความถี่ที่สูงกว่าความถี่ของแสงธรรมดาทั่วๆไป คือ มากกว่า 20 กิโลเฮิรตซ์ ส่วนเครื่องรับจะใช้โฟโต้ไดโอด และโฟโต้ทรานซิสเตอร์ หรือ แอลดีอาร์ เป็นตัวรับแสงก็ได้โดยที่ทั้งเครื่องรับและส่งจะต้องมีความถี่เท่ากัน เพราะถ้าไม่เท่ากันจะ ทำให้ไม่สามารถรับส่งสัญญาณได้ การทำงานของอินฟราเรดเซ็นเซอร์จะมีหลักการทำงานคือจะส่งแสงอินฟราเรดจากเครื่องรับไปยังเครื่องส่งโดยจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ เครื่องรับและเครื่องส่งอยู่ที่เดียวกันและเครื่องรับเครื่องส่งอยู่ต่างที่กัน

1.เครื่องรับและเครื่องส่งอยู่ที่เดียวกัน จะใช้หลักการสะท้อนกับวัตถุเมื่อมีวัตถุผ่านหรือขวางกั้นอยู่ เพื่อให้ระบบทางานแต่ถ้าวัตถุไม่สะท้อนแสงหรือสะท้อนแสงได้น้อยเช่น วัตถุสีดำ ตัวเซ็นเซอร์ก็จะไม่ทำงานหรือทำงานได้ไม่ดีแสดงดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 เครื่องรับและเครื่องส่งอยู่ที่เดียวกัน

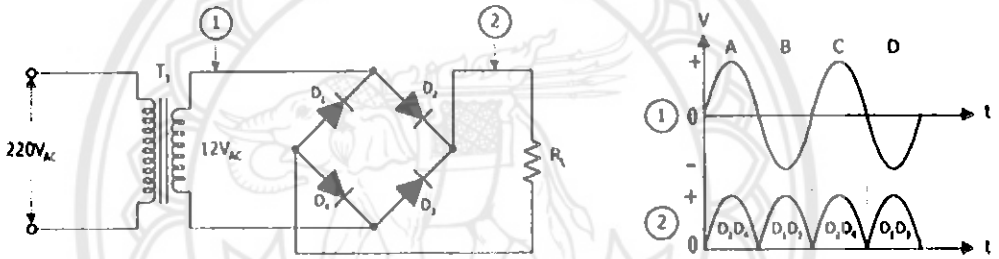
2.เครื่องรับเครื่องส่งอยู่ต่างที่กัน จะอาศัยหลักการของการตัดเส้นทางเดินของแสง เมื่อมีการตัดเส้นทางเดินของแสงระบบจะทำงาน โดยจะมีการนำไปประยุกต์ใช้งานมากมาย เช่น ทำวงจรตรวจจับคนเดินผ่าน เป็นต้น แสดงดังรูปที่ 2.8

รูปที่ 2.8 เครื่องรับเครื่องส่งอยู่ต่างที่กัน

2.6 ระบบแหล่งจ่ายแรงดันไฟ

การแปลงแรงดันไฟสลับเป็นแรงดันไฟตรงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ จะต้องใช้แรงดันเลี้ยงวงจรเป็นแรงดันไฟตรง (DC) โดยทำการแปลงแรงดันไฟสลับ (AC) ให้เป็นแรงดันไฟตรง(DC) วงจรที่ทำหน้าที่ดังกล่าวนี้เรียกว่าวงจรเร็กติไฟเออร์ (Rectifier Circuit) หรืออาจเรียกว่าวงจรเรียงกระแส อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่นี้คือไดโอด ไดโอดที่นิยมนำมาใช้งานในวงจรเร็กติไฟเออร์เป็นไดโอดชนิดซิลิกอน

เร็กติไฟเออร์เต็มคลื่นแบบบริดจ์คือ วงจรเร็กติไฟเออร์แบบเต็มคลื่นนั่นเอง เพียงแต่การจัดวงจรเร็กติไฟเออร์มีความแตกต่างไปจากวงจรเร็กติไฟเออร์เต็มคลื่น ใช้หม้อแปลงมีแทปกลางวงจรเร็กติไฟเออร์เต็มคลื่นแบบบริดจ์ ประกอบด้วยหม้อแปลงใช้ชนิดทางขดทุติย ภูมิมี 2 ขั้วต่อ ไม่ต้องมีแทปกลาง (CT) ใช้ไดโอดในการเร็กติไฟเออร์ 4 ตัว การทำงานแต่ละครั้งไดโอดทำงานเป็นชุด 2 ตัว ลักษณะวงจรและแรงดันที่ได้แสดงดังรูปที่ 2.9



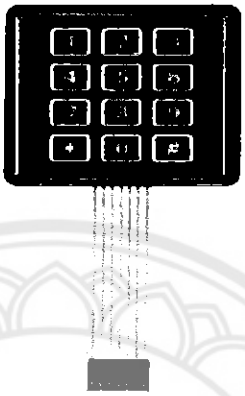
(ก) วงจร (ข) แรงดันจุดต่าง ๆ

รูปที่ 2.9 วงจรเร็กติไฟเออร์เต็มคลื่นแบบบริดจ์

จากรูปที่ 2.9 แสดงวงจรเร็กติไฟเออร์เต็มคลื่นแบบบริดจ์รูปที่ 2.9 (ก) เป็นวงจรเร็กติไฟเออร์เต็มคลื่นแบบบริดจ์ มีไดโอด D1-D4 เป็นวงจรเร็กติไฟเออร์ หม้อแปลง T_1 เป็นชนิดธรรมดาไม่มีแทปกลาง (CT) วัดสัญญาณที่จุด 1 และจุด 2 ออกมาได้เหมือนกับเร็กติไฟเออร์เต็มคลื่นใช้หม้อแปลงแทปกลางทุกประการการทำงานของวงจรตามรูปที่ 2.9 อธิบายได้ดังนี้ ที่จุด 1 เมื่อมีแรงดันไฟสลับซีกบวกตำแหน่ง A ป้อนเข้ามา ไดโอด D2, D4 ได้รับไบอัสตรงนำกระแส มีกระแสไหลผ่าน D2, RL และผ่าน D4 ครบวงจร ได้แรงดันตกคร่อม RL ตามจุด 2 ที่ตำแหน่ง A ส่วนไดโอด D1, D3 ได้รับไบอัสกลับไม่นำกระแสเมื่อมีแรงดันไฟสลับซีกลบตำแหน่ง B ของจุด 1 ป้อนเข้ามาไดโอด D1, D3 ได้รับไบอัสตรงนำกระแสมีกระแสไหลผ่าน D3, RL และผ่าน D1 ครบวงจร ได้แรงดันตกคร่อม RL ตามจุด 2 ที่ตำแหน่ง B ส่วนไดโอด D2, D4 ได้รับไบอัสกลับไม่นำกระแสเมื่อมีแรงดันไฟสลับซีกบวกตำแหน่ง C ของจุด 1 ป้อนเข้ามาอีกครั้ง ไดโอด D2, D4 ได้รับไบอัสตรงนำกระแส เป็นการทำงานเหมือนกับที่ตำแหน่ง A ทุกประการ ได้แรงดันตกคร่อม RL ตามจุด 2 ที่

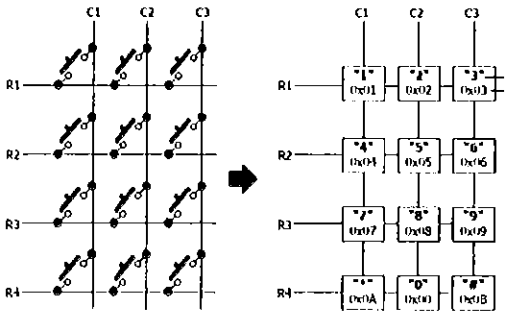
ตำแหน่ง C และเมื่อมีแรงดันไฟสลับซีกลบตำแหน่ง D ของจุด 1 ป้อนเข้ามาอีกครั้ง ไดโอด D1, D3 ได้รับไบอัสตรงนำกระแส เป็นการทำงานซ้ำเหมือนกับที่ตำแหน่ง B ทุกประการ ได้แรงดันตกคร่อม RL ตามจุด 2 ที่ตำแหน่ง D

2.7 สวิตช์เมตริกซ์



รูปที่ 2.10 สวิทซ์เมตริกซ์ 4x3

สวิตช์เมตริกซ์ (matrix switch) หรือคีย์แพด (keypad) ถูกนำมาใช้เป็นอุปกรณ์ในการป้อนข้อมูลให้กับงานทางด้านไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกเหนือจากสวิตช์แบบกดติดปล่อยดับแบบธรรมดา (push button switch) โดยเฉพาะกับงานที่ต้องมีการป้อนข้อมูลทั้งตัวอักษรและตัวเลขเป็นจำนวนมาก จะพบว่าสวิทซ์เมตริกซ์ถูกเลือกมาใช้งานเสมอ ที่เห็นได้ในชีวิตประจำวันเช่น คีย์กดตัวเลขของระบบโทรศัพท์ การต่อใช้งานสวิตช์แบบเมตริกซ์เป็นการนำสวิตช์ธรรมดามาต่อกันในแบบเมตริกซ์คือ ขาด้านหนึ่งจะต่อในแนวหลัก(column) และขาอีกด้านหนึ่งจะต่ออยู่ในแนวแถว(row) ซึ่งสวิตช์เมตริกซ์ที่ได้นำมาใช้มีจำนวนแถว (row) เท่ากับ 4 และจำนวนหลัก (column) เท่ากับ3 ทำให้ได้อินพุต 12 อินพุต



รูปที่ 2.11 วงจรสวิทซ์เมตริกซ์ ขนาด 4x3

2.7.1 กำหนดรหัสประจำตำแหน่งของสวิตช์เมตริกซ์หรือคีย์แพด

หลักในการอ่านค่าจากคีย์แพดนี้คือ จะต้องกำหนดรหัสประจำตำแหน่งของสวิตช์แต่ละตัวไว้ไม่ให้ซ้ำกัน ดังนั้นเมื่อสวิตช์ตัวใดถูกกดก็จะได้ค่ารหัสของสวิตช์ตัวดังกล่าวออกมา ซึ่งจะกำหนดค่าคงที่ให้กับสวิตช์แต่ละตัวไว้ดังนี้

ตารางที่ 2.3 การกำหนดรหัสประจำตำแหน่งของสวิตช์เมตริกซ์หรือคีย์แพด

แถว (row)	หลัก (column)	รหัสของสวิตซ์	หมายเลขสวิตซ์
1	1	0x01	1
1	2	0x02	2
1	3	0x03	3
2	1	0x04	4
2	2	0x05	5
2	3	0x06	6
3	1	0x07	7
3	2	0x08	8
3	3	0x09	9
4	1	0x10	*
4	2	0x00	0
4	3	0x11	#

บทที่ 3
วิธีดำเนินโครงงาน

เพื่อศึกษาและสร้างเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ คณะผู้จัดทำมีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

3.1 ศึกษาและค้นคว้าทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง

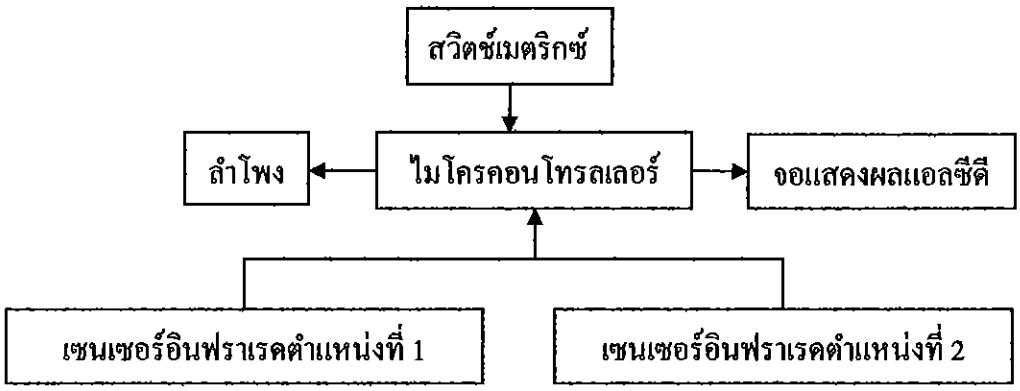
เริ่มต้นศึกษาจากการบำบัดด้วยวิธีการแกว่งแขน ไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATMEGA328P-PU โครงสร้างของโปรแกรมภาษาซี โฟโต้เซลล์ เซนเซอร์อินฟราเรด ระบบแหล่งจ่ายแรงดันไฟ และสวิตช์เมตริกซ์โดยมีการเรียงตามลำดับการศึกษาในหัวข้อที่ 2.1, 2.2 ,2.3 ,2.4 ,2.5 ,2.6 และ2.7 ของบทที่ 2

3.2 ออกแบบชุดควบคุม

เพื่อเป็นการวางแผนการจัดการที่มีระบบ เราจำเป็นต้องทำการออกแบบระบบชุดควบคุมเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ ซึ่งจะทำให้ผู้จัดทำโครงงานทราบถึงระบบต่างๆในชุดควบคุมและเกิดความรวดเร็วในการสร้างชิ้นงาน

3.2.1 การทำงานของชุดควบคุมเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ

ผู้จัดทำได้ทำการออกแบบระบบต่างๆของเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ ซึ่งประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ จอแสดงผลแอลซีดี เซนเซอร์อินฟราเรด สวิตช์เมตริกซ์ ลำโพง ดังแสดงในรูปที่ 3.1



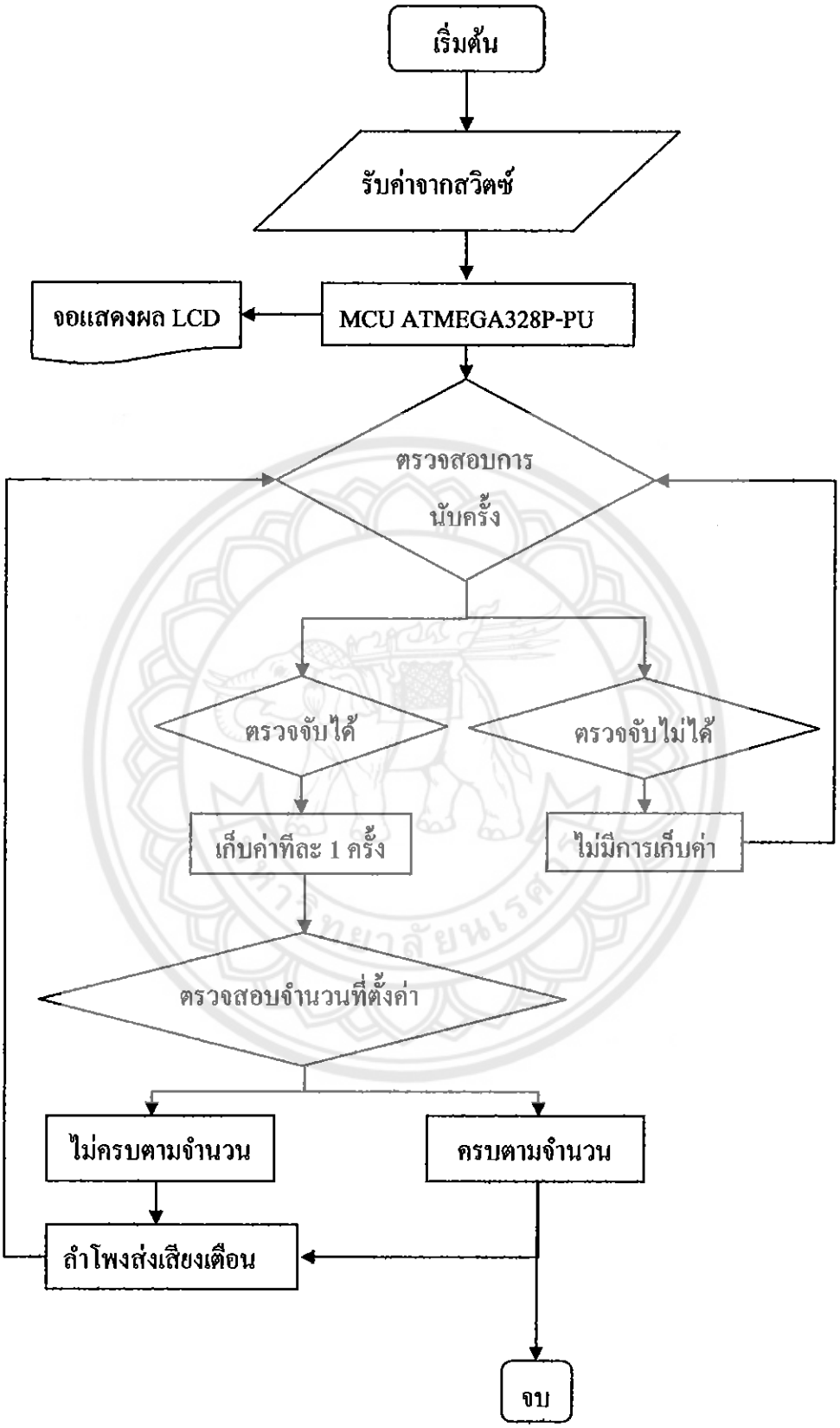
รูปที่ 3.1 แผนผังระบบชุดควบคุมเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ

จากรูปที่ 3.1 เป็นการออกแบบระบบของชุดควบคุมเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติโดยจะทำการตั้งค่าจำนวนในการนับครั้งจากสวิตช์เมตริกซ์ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการประมวลผลจดจำค่าที่กำหนด ซึ่งจะแสดงผลที่จอแสดงผลแอลซีดี และเซนเซอร์อินฟราเรดจะทำการตรวจจับการเคลื่อนไหวส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการประมวลผลนับจำนวนครั้งด้วยเซนเซอร์อินฟราเรดและแสดงผลไปยังจอแสดงผลแอลซีดี เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการประมวลผลการนับจำนวนครบตามกำหนดแล้ว ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการสั่งให้ลำโพงส่งเสียงเตือน และหยุดการทำงาน

3.2.2 หลักการทำงานชุดควบคุมเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ

เมื่อได้ทำการออกแบบระบบชุดควบคุมเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ ในหัวข้อนี้ผู้ดำเนินโครงงานได้ทำการกำหนดเงื่อนไขในการทำงานโดยจะมีลักษณะการทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 3.2

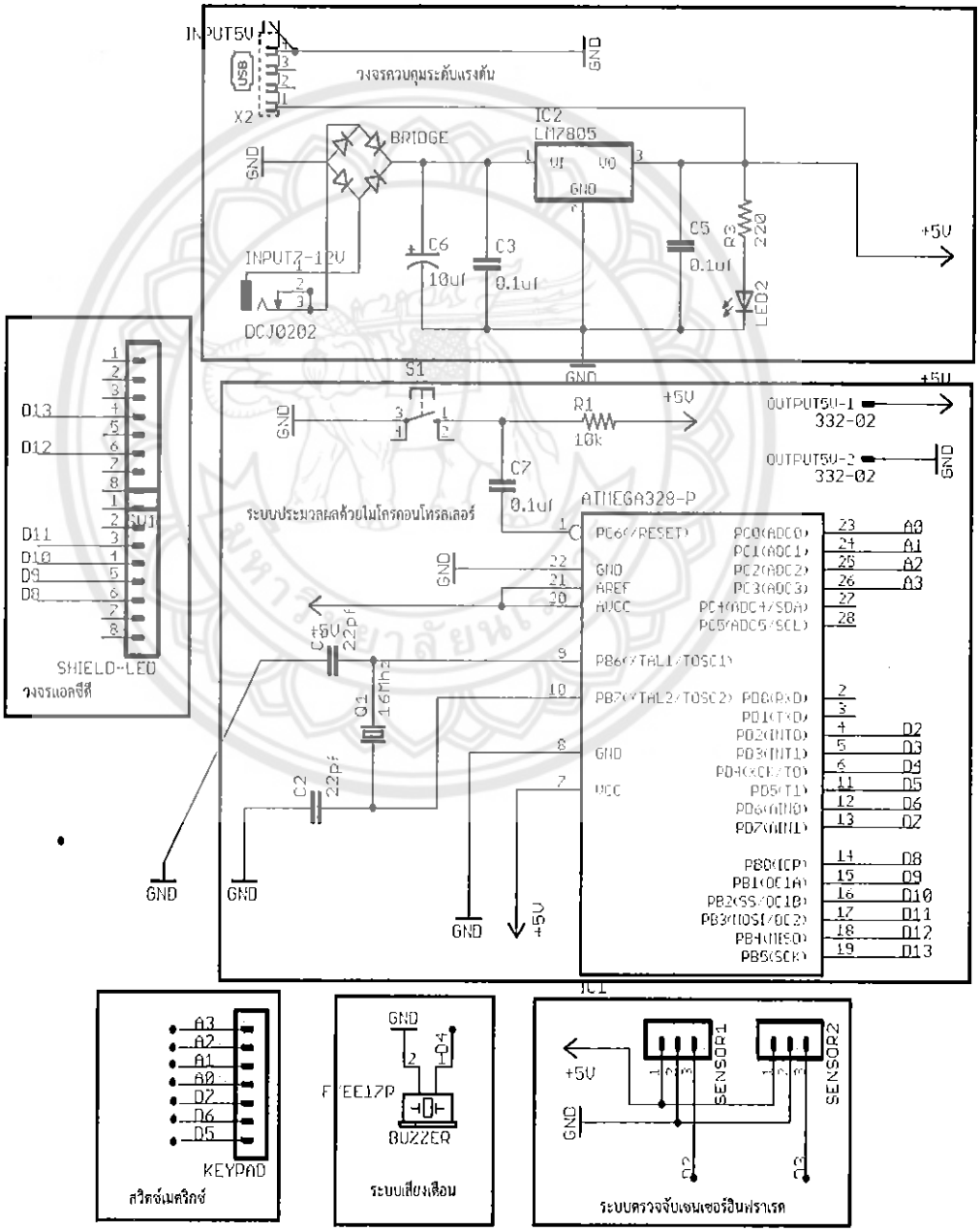
เริ่มต้นโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์รับค่าจากสวิตช์เมตริกซ์ และนำไปแสดงผลทางหน้าจอแอลซีดีเพื่อแสดงจำนวนครั้งที่ตามที่กำหนดไว้ หลังจากนั้นโปรแกรมจะตรวจสอบการนับครั้งว่ามีการตรวจจับได้หรือไม่ ถ้าตรวจจับไม่ได้ไมโครคอนโทรลเลอร์จะไม่มีการเก็บค่าและโปรแกรมจะทำการตรวจสอบใหม่อีกครั้ง แต่ถ้าตรวจจับได้ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการเก็บค่าทีละหนึ่งครั้งและโปรมแกรมจะตรวจสอบว่าครบตามจำนวนหรือไม่ ถ้าไม่ครบตามจำนวนโปรแกรมจะทำงานในขั้นต่อไปคือลำโพงจะส่งเสียงเตือนและทำงานใหม่อีกครั้ง แต่ถ้าครบตามจำนวนโปรแกรมจะทำงานในขั้นต่อไป คือ ลำโพงจะส่งเสียงเตือนและโปรแกรมจะแสดงผลทางหน้าจอแอลซีดีว่าได้ทำการนับครบตามที่กำหนดไว้แล้ว



รูปที่ 3.2 แผนผังชุดควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์

3.3 ออกแบบวงจรเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ

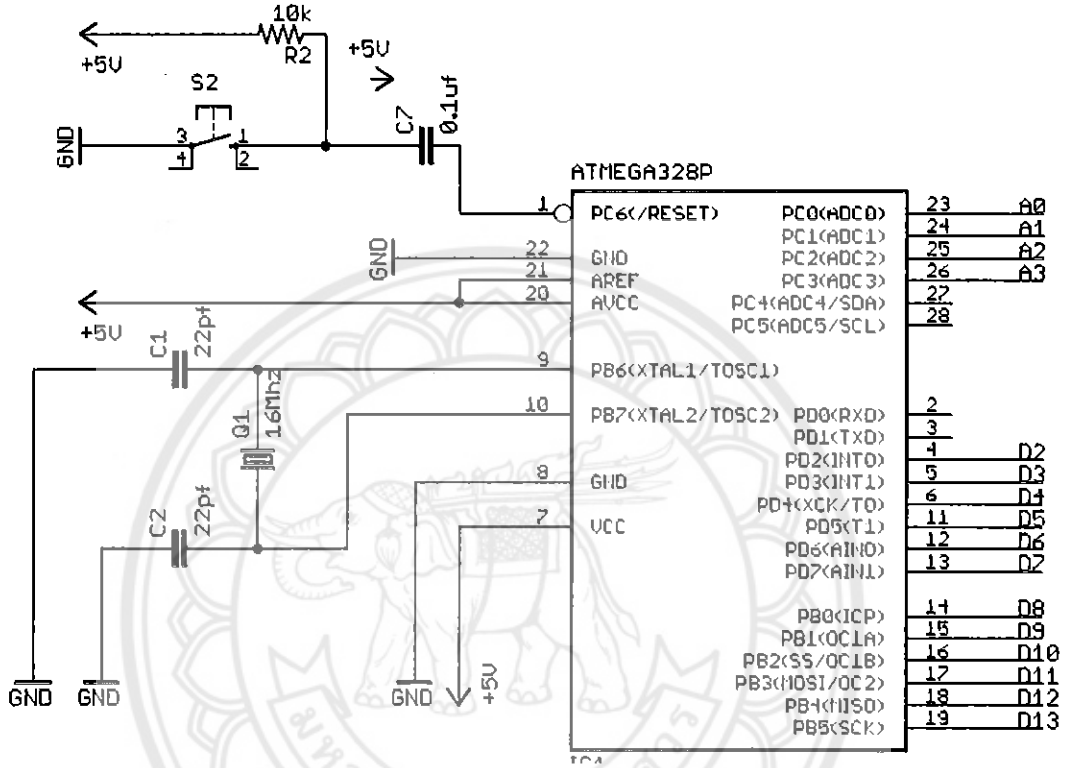
เพื่อช่วยให้การสร้างเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ เป็นไปอย่างถูกต้องแม่นยำและช่วยให้ประหยัดเวลาจึงได้มีการนำโปรแกรมออกแบบจำลองวงจรมาช่วยสร้างวงจรเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ เพื่อใช้ในการเช็คว่าวงจรที่ออกแบบมานั้นมีการทำงานที่ถูกต้องหรือไม่และสามารถทดลองการเขียนภาษาซีในชุดควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์มาอัดลงในวงจรเพื่อทดสอบการทำงานของโปรแกรมได้ด้วย โดยเราได้แบ่งการออกแบบวงจรเป็น 6 วงจร ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ระบบเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ

3.3.1 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

ส่วนประกอบภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR รุ่น ATMEGA328P ประกอบด้วย ขาทั้งหมด 28 ขาโดยมีพอร์ต PA-PD ซึ่งสามารถเป็นได้ทั้งขาอินพุต/เอาท์พุต โดยที่มีการใช้ค่าคริสตอลเท่ากับ 16 กิโลเฮิรตซ์ แรงดันไฟเลี้ยง 5 โวลต์ ดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่3.4 ระบบประมวลผลโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

ตำแหน่งและรายละเอียดของพอร์ตอินพุต/เอาท์พุตสำหรับติดต่อสื่อสารข้อมูลกับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR รุ่น ATMEGA328P แสดงดังในตารางที่ 3.1

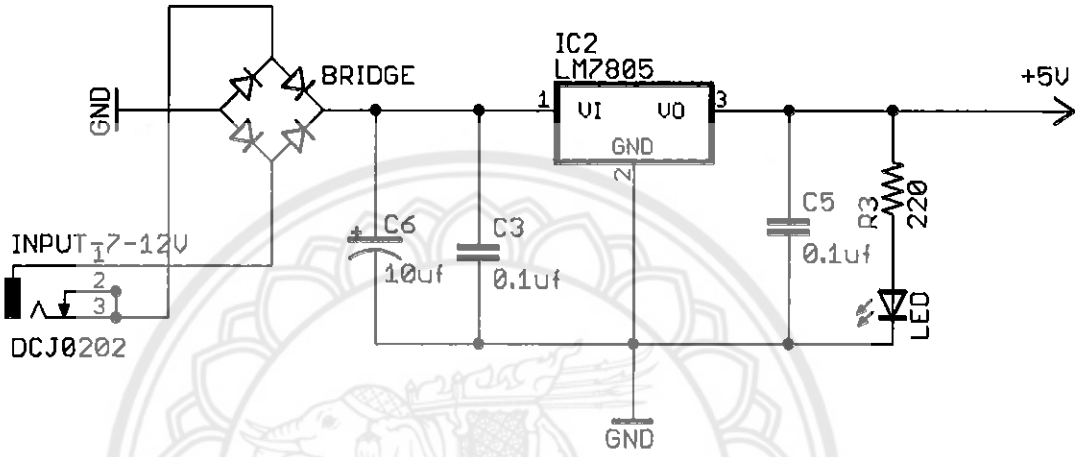
ตารางที่3.1 พอร์ตอินพุต/เอาท์พุต ของไมโครคอนโทรลเลอร์

พอร์ต	ลักษณะการทำงาน
A0-A3 , D5-D7	รับข้อมูลจากอุปกรณ์สวิตซ์เมทริก
D2-D3	รับสัญญาณเซนเซอร์อินฟราเรด
D4	สั่งงานออกไปให้ลำโพงทำงาน
D8-D13	นำข้อมูลแสดงออกทางจอแอลซีดี

i7195291 ป ธ.ม.ด ๒๕๕๗
10 ต.ค. 2560 สำนักหอสมุด

3.3.2 วงจรแปลงไฟและจ่ายไฟ

วงจรแปลงไฟและจ่ายไฟเป็นกระแสตรง ผ่านวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์เพื่อป้องกันการสลับขั้วของแหล่งจ่าย จะใช้ไอซีหมายเลข LM7805 ซึ่งทำหน้าที่แปลงไฟจาก 9 ถึง 12 โวลต์ ให้เป็นไฟกระแสตรง 5 โวลต์เพื่อจ่ายเป็นไฟเลี้ยงให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไป ซึ่งสามารถต่อวงจรได้ดังรูปที่ 3.5

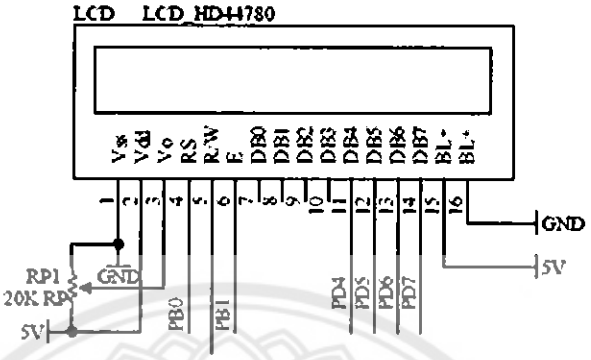


รูปที่ 3.5 วงจรควบคุมค่าแรงดันสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์

- เริ่มต้นรับแรงดันแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงสำหรับต่อไฟเลี้ยงเข้าตั้งแต่ 7 ถึง 12 โวลต์ DC
- บริดจ์จะมีหน้าที่กลับไฟลบให้เป็นไฟบวกหากต่อผิดขั้ว
- C3 คือตัวเก็บประจุมีหน้าที่กรองแรงดันไฟให้เรียบเมื่อผ่านบริดจ์
- LM7805 มีหน้าที่รักษาระดับแรงดันไฟฟ้าเมื่อเข้ามา 7 ถึง 12 โวลต์ จะทำให้เอาท์พุตออกมา 5 โวลต์จ่ายไฟวงจร
- C5 คือตัวเก็บประจุมีหน้าที่กรองแรงดันเอาท์พุตของ 5 โวลต์ ที่ออกมาจาก LM2575
- LED เป็นแอลอีดีแสดงสถานะเพื่อให้รู้ว่ามีไฟ 5 โวลต์ ออกมาจาก LM7805 หรือไม่ส่วน R3 (ตัวต้านทาน) มีหน้าที่เป็นตัวต้านทานกระแสไม่ให้กระแสไหลผ่านหลอดแอลอีดีมากเกินไปซึ่งจะทำให้หลอดแอลอีดีขาดได้

3.3.3 การเชื่อมต่อจอแอลซีดี 20x4

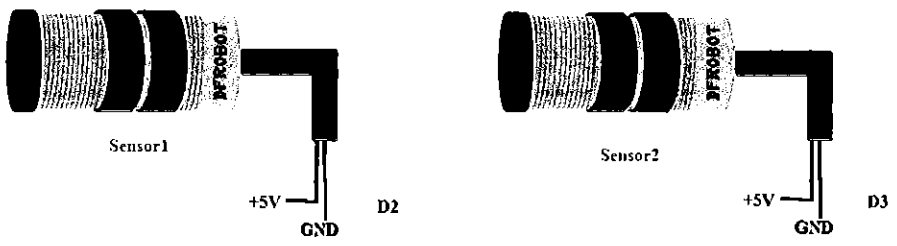
จอแอลซีดีที่นำมาใช้งานเป็นจอแอลซีดีขนาด 20x4 คือ 20 ตัวอักษร 4 บรรทัดในการต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่เป็นการต่อแบบ 8 บิต ดังแสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 วงจรจอแอลซีดี

3.3.4 การเชื่อมต่อระบบเซนเซอร์อินฟราเรด

ระบบเซนเซอร์อินฟราเรดจะต้องมีเครื่องส่งและเครื่องรับ การสร้างเครื่องส่งนั้นก็เพียงแค่ให้มีการส่งแสงออกมาในช่วงความถี่ที่สูงกว่าความถี่ทั่วๆไปของแสงธรรมดาคือ ต้องมากกว่า 20 กิโลเฮิร์ต โดยจะใช้ เซนเซอร์อินฟราเรด เป็นตัวขับแสงอินฟราเรด ส่วนการสร้างเครื่องรับนั้นจะใช้โฟโต้ไดโอดหรือโฟโต้ทรานซิสเตอร์เป็นตัวรับแสงโดยที่ทั้งเครื่องรับและเครื่องส่งจะต้องมีความถี่เท่ากัน เพราะถ้าไม่เท่ากันจะทำให้การตรวจจับสัญญาณได้ไม่ตรงกัน อุปกรณ์ที่ได้เลือกมาใช้งาน เป็นอุปกรณ์รุ่น E18-D80NK-N ใช้แรงดันไฟเลี้ยงบวก 5 โวลต์ และกระแสประมาณ 100 มิลลิแอมป์ และให้เอาต์พุตเป็นสัญญาณดิจิทัลต่อเข้ากับพอร์ต D2 และ D3 สำหรับเซนเซอร์ตัวที่ 1 และ เซนเซอร์ตัวที่ 2 ตามลำดับ ซึ่งสามารถตรวจจับวัตถุที่มีการเคลื่อนไหวได้ในระยะ 30 ถึง 80 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 การเชื่อมต่อระบบเซนเซอร์อินฟราเรด

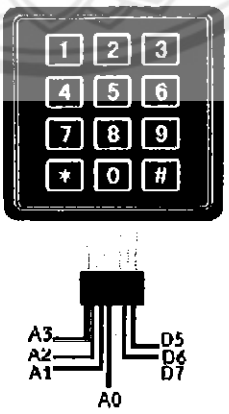
3.3.5 การเชื่อมต่อระบบลำโพงเสียงเตือน

ระบบเสียงเตือนจะใช้ลำโพงที่สามารถส่งเสียงได้โดยการสั่นสะเทือนที่เป็นจังหวะความถี่ เกิดเป็นคลื่นเสียง โดยปกติแล้วเสียงที่เราได้ยินกันจะอยู่ที่ย่านความถี่ 20 เฮิรตซ์ ถึง 20 กิโลเฮิรตซ์ ซึ่งลำโพงจะส่งสัญญาณเตือนเมื่อมีการตรวจนับการเครื่องไหวได้ครบตามจำนวนที่ตั้งค่าไว้ โดยมีการเชื่อมต่อเอาต์พุตที่พอร์ตดิจิตอล 4 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังรูปที่ 3.8

รูปที่3.8 การเชื่อมต่อระบบสัญญาณเสียงเตือน

3.3.6 การเชื่อมต่อของสวิตซ์เมตริกซ์

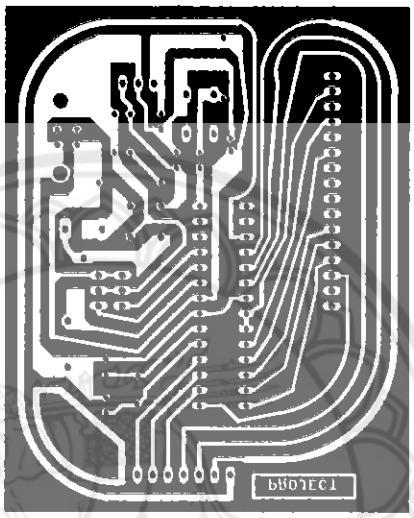
สวิตซ์เมตริกซ์เป็นสวิตซ์แบบกดติดปล่อยดับ ถูกนำมาใช้เป็นอุปกรณ์ในการป้อนข้อมูลให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยเฉพาะกับโครงงานนี้ที่ต้องมีการป้อนข้อมูลเป็นตัวเลข จะพบว่าสวิทซ์เมตริกซ์ได้ถูกเลือกมาใช้งาน ซึ่งขาด้านหนึ่งจะต่อในแนวหลัก (column) และขาอีกด้านหนึ่งจะต่ออยู่ในแนวแถว(row) ซึ่งสวิตซ์เมตริกซ์ที่ได้นำมาใช้มีจำนวนแถว (row) เท่ากับ 4 ซึ่งมีการเชื่อมต่อกับพอร์ต A3-A0 และจำนวนหลัก (column) มีการเชื่อมต่อกับพอร์ต D7-D5 ดังรูป 3.9



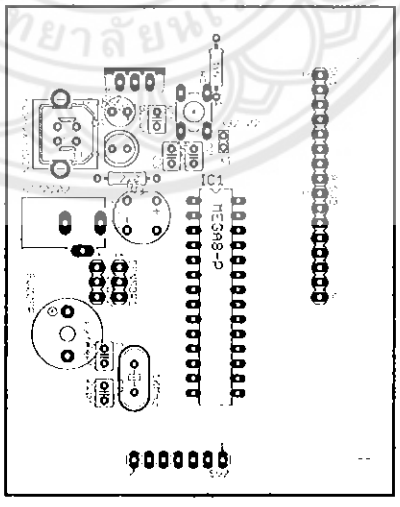
รูปที่ 3.9 การเชื่อมต่อของสวิตซ์เมตริกซ์

3.4 ออกแบบลายวงจรเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ

ในหัวข้อนี้เป็นการออกแบบลายวงจรเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติโดยมีส่วนประกอบดังนี้ วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรควบคุมค่าแรงดันขนาด 5 โวลต์ วงจรแสดงผลแอลซีดี วงจรเซนเซอร์อินฟราเรด วงจรสัญญาณเสียงเตือน และวงจรสวิตช์เมตริกซ์ รวมเป็นวงจรเดียว ดังแสดงในรูปที่ 3.10 (ก) และแสดงการจัดวางอุปกรณ์ ดังรูปที่ 3.10 (ข)



(ก) ลายวงจร

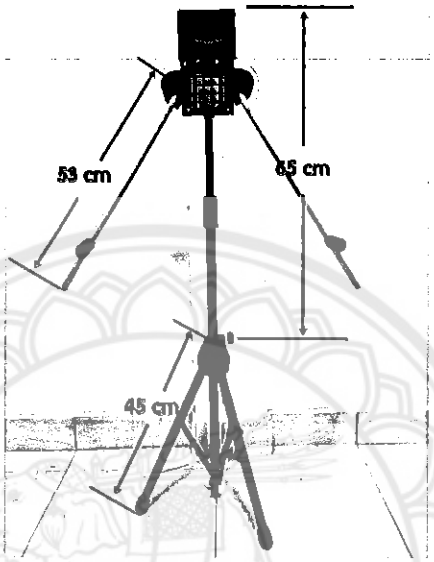


(ข) การจัดวางอุปกรณ์

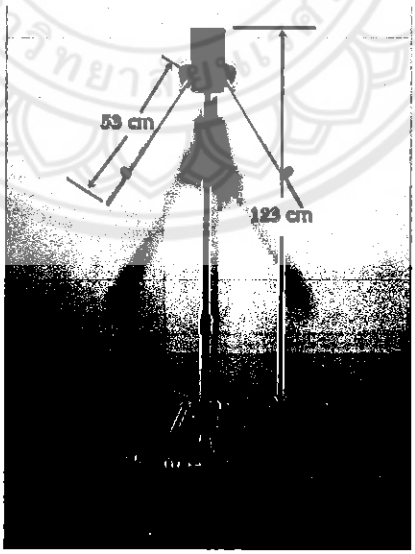
รูปที่ 3.10 ลายวงจรเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ

3.5 ออกแบบโครงสร้างเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ

ในหัวข้อนี้เป็นการออกแบบโครงสร้างของตัวเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติโดยมีส่วนประกอบของเครื่องและอัตราส่วนของตัวเครื่องในลักษณะตั้งไว้ที่ความสูงต่ำสุดดังรูปที่ 3.11 (ก) และอัตราส่วนของตัวเครื่องในลักษณะตั้งไว้ที่ความสูงสูงสุดดังรูปที่ 3.11 (ข)



(ก) ความสูงต่ำสุดของเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ



(ข) ความสูงสูงสุดของเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ

รูปที่ 3.11 โครงสร้างเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ

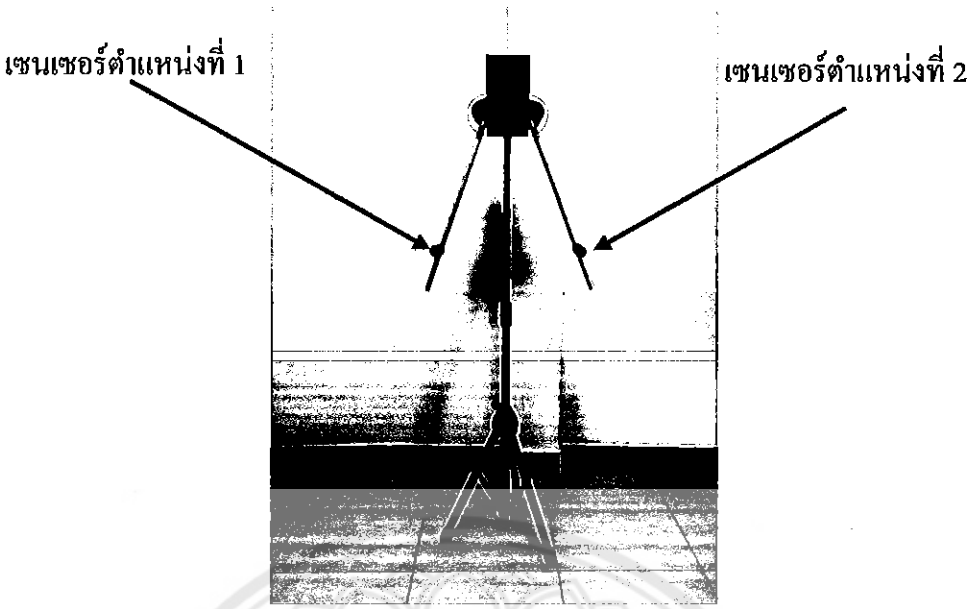
บทที่ 4
ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

บทนี้จะเป็นการทดสอบการทำงานของเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ โดยมีการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ ที่สามารถปรับระดับตั้งแต่ 15 ถึง 150 องศา ในการแกว่งแขน การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องนับการแกว่งแขนโดยเปรียบเทียบจากเวลาการทดสอบประสิทธิภาพระยะการตรวจจับของเซ็นเซอร์อินฟราเรดและการทดสอบความสามารถในการทำงานของชุดควบคุมในการตั้งค่าจำนวนการแกว่งแขน ซึ่งเป็นการทดสอบเพื่อให้เข้าใจถึงศักยภาพการทำงานของเครื่องแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ ดังต่อไปนี้

4.1 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ โดยการปรับองศาการแกว่งแขนที่ระดับ 15 องศา ถึง 150 องศา

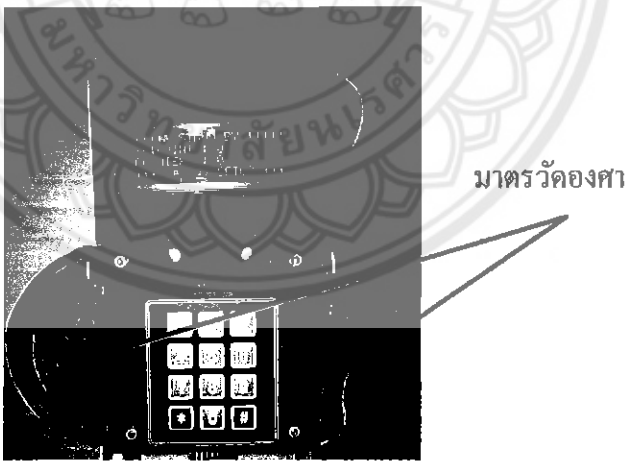
ในขั้นตอนนี้เราได้ทำการทดสอบดังแสดงในรูป 4.1 และรูป 4.2 โดยเราจะทำการตั้งค่าการแกว่งแขนเริ่มจาก 50 ครั้ง และเพิ่มที่ละ 50 ครั้ง จนถึง 500 ครั้ง และมีการปรับระดับองศาการแกว่งแขนที่ระดับ 15 องศา ถึง 150 องศา เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ โดยการเปรียบเทียบจากจำนวนครั้งของเครื่องจำลองแกว่งแขนกับจำนวนครั้งที่ตั้งค่าจากเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ

รูปที่ 4.1 ภาพเครื่องจำลองการแกว่งแขนเพื่อเก็บข้อมูลในการทดลอง



รูปที่ 4.2 ภาพแสดงเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติและตำแหน่งของเซนเซอร์

ในการทดลองนี้จะมีการปรับระดับองศา ดังแสดงตารางที่ 4.1 สามารถดูความถูกต้องในการปรับระดับองศาได้ด้วยมาตรวัดองศา ดังแสดงในรูป 4.3



รูปที่ 4.3 ภาพแสดงมาตรวัดองศาที่ติดอยู่กับเครื่อง

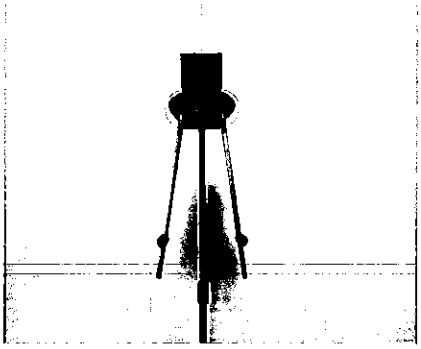
ตารางที่ 4.1 ตารางการปรับองศาในการทดลอง

การทดลองครั้งที่	ระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 (องศา)	ระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 2 (องศา)
1	15	15
2	30	30
3	45	45
4	60	60
5	75	75
6	90	90
7	105	105
8	120	120
9	135	135
10	150	150

โดยมีการทดลอง ครั้งที่ 1 ปรับระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 15 องศา
ครั้งที่ 2 ปรับระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 30 องศา
ครั้งที่ 3 ปรับระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 45 องศา
ครั้งที่ 4 ปรับระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 60 องศา
ครั้งที่ 5 ปรับระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 75 องศา
ครั้งที่ 6 ปรับระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 90 องศา
ครั้งที่ 7 ปรับระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 105 องศา
ครั้งที่ 8 ปรับระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 120 องศา
ครั้งที่ 9 ปรับระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 135 องศา
ครั้งที่ 10 ปรับระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 150 องศา

ดังต่อไปนี้

การทดลองที่ 1 การปรับระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 15 องศา



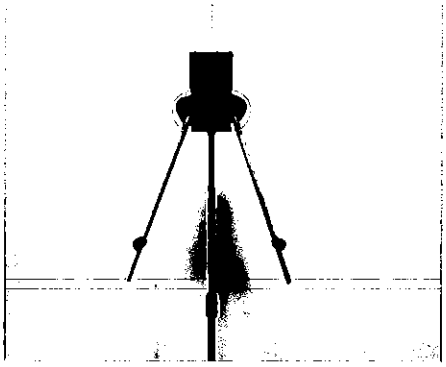
รูปที่ 4.4 ภาพแสดงระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 15 องศา

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ **โดยปรับระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 15 องศา**

ครั้งที่	จำนวนครั้งที่ตั้งค่าในเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ	จำนวนครั้งที่เครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ นับได้	ความคลาดเคลื่อน (%)
1	50	50	0
2	100	100	0
3	150	150	0
4	200	200	0
5	250	250	0
6	300	300	0
7	350	350	0
8	400	400	0
9	450	450	0
10	500	500	0

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ โดยปรับระดับเซนเซอร์ที่ 15 องศา และได้กำหนดจำนวนครั้งของการนับ ตั้งแต่ 50 ถึง 500 ครั้ง เครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ สามารถนับจำนวนได้ครบตามจำนวนที่กำหนดไว้โดยความคลาดเคลื่อนในการนับเป็น 0 เปอร์เซ็นต์

การทดลองที่ 2 การปรับระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 30 องศา



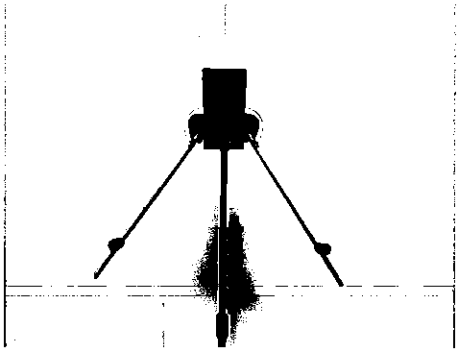
รูปที่ 4.5 ภาพแสดงระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 30 องศา

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ โดยปรับระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 30 องศา

ครั้งที่	จำนวนครั้งที่ตั้งค่าในเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ	จำนวนครั้งที่เครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัตินับได้	ความคลาดเคลื่อน (%)
1	50	50	0
2	100	100	0
3	150	150	0
4	200	200	0
5	250	250	0
6	300	300	0
7	350	350	0
8	400	400	0
9	450	450	0
10	500	500	0

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ โดยปรับระดับเซนเซอร์ที่ 30 องศา และได้กำหนดจำนวนครั้งของการนับ ตั้งแต่ 50 ถึง 500 ครั้ง เครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ สามารถนับจำนวนได้ครบตามจำนวนที่กำหนดไว้โดยความคลาดเคลื่อนในการนับเป็น 0 เปอร์เซ็นต์

การทดลองที่ 3 การปรับระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 45 องศา



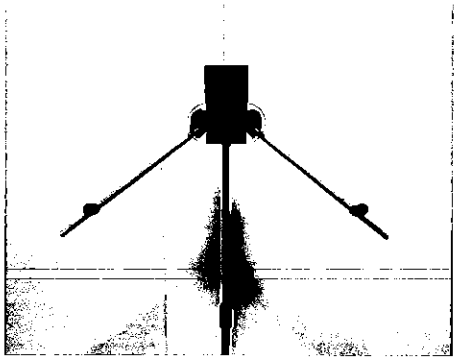
รูปที่ 4.6 ภาพแสดงระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 45 องศา

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ **โดยปรับระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 45**

ครั้งที่	จำนวนครั้งที่ตั้งค่าในเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ	จำนวนครั้งที่เครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ นับได้	ความคลาดเคลื่อน (%)
1	50	50	0
2	100	100	0
3	150	150	0
4	200	200	0
5	250	250	0
6	300	300	0
7	350	350	0
8	400	400	0
9	450	450	0
10	500	500	0

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ โดยปรับระดับเซนเซอร์ที่ 45 องศา และได้กำหนดจำนวนครั้งของการนับ ตั้งแต่ 50 ถึง 500 ครั้ง เครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ สามารถนับจำนวนได้ครบตามจำนวนที่กำหนดไว้โดยความคลาดเคลื่อนในการนับเป็น 0 เปอร์เซ็นต์

การทดลองที่ 4 การปรับระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 60 องศา



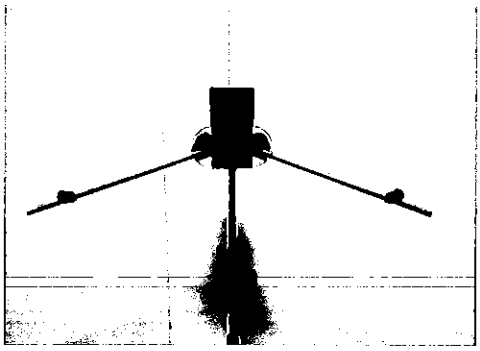
รูปที่ 4.7 ภาพแสดงระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 60 องศา

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ โดยปรับระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 60 องศา

ครั้งที่	จำนวนครั้งที่ตั้งค่าในเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ	จำนวนครั้งที่เครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ นับได้	ความคลาดเคลื่อน (%)
1	50	50	0
2	100	100	0
3	150	150	0
4	200	200	0
5	250	250	0
6	300	300	0
7	350	350	0
8	400	400	0
9	450	450	0
10	500	500	0

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ โดยปรับระดับเซนเซอร์ที่ 60 องศา และได้กำหนดจำนวนครั้งของการนับ ตั้งแต่ 50 ถึง 500 ครั้ง เครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ สามารถนับจำนวนได้ครบตามจำนวนที่กำหนดไว้โดยความคลาดเคลื่อนในการนับเป็น 0 เปอร์เซ็นต์

การทดลองที่ 5 การปรับระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 75 องศา



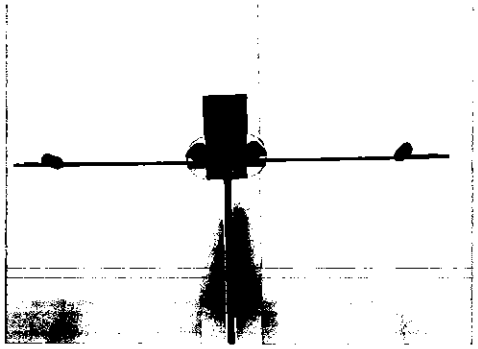
รูปที่ 4.8 ภาพแสดงระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 75 องศา

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ **โดยปรับระดับเซนเซอร์ตำ**แหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 75 องศา

ครั้งที่	จำนวนครั้งที่ตั้งค่าในเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ	จำนวนครั้งที่เครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ นับได้	ความคลาดเคลื่อน (%)
1	50	50	0
2	100	100	0
3	150	150	0
4	200	200	0
5	250	250	0
6	300	300	0
7	350	350	0
8	400	400	0
9	450	450	0
10	500	500	0

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ โดยปรับระดับเซนเซอร์ที่ 75 องศา และได้กำหนดจำนวนครั้งของการนับ ตั้งแต่ 50 ถึง 500 ครั้ง เครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ สามารถนับจำนวนได้ครบตามจำนวนที่กำหนดไว้โดยความคลาดเคลื่อนในการนับเป็น 0 เปอร์เซ็นต์

การทดลองที่ 6 การปรับระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 90 องศา



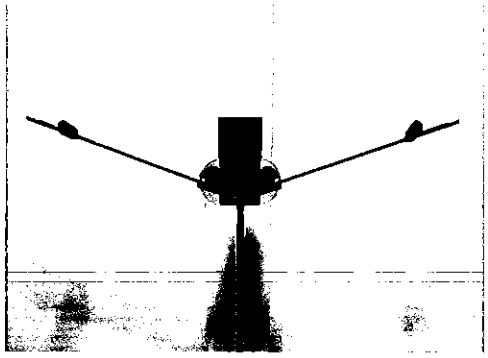
รูปที่ 4.9 ภาพแสดงระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 90 องศา

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ โดยปรับระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 90 องศา

ครั้งที่	จำนวนครั้งที่ตั้งค่าในเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ	จำนวนครั้งที่เครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ นับได้	ความคลาดเคลื่อน (%)
1	50	50	0
2	100	100	0
3	150	150	0
4	200	200	0
5	250	250	0
6	300	300	0
7	350	350	0
8	400	400	0
9	450	450	0
10	500	500	0

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ โดยปรับระดับเซนเซอร์ที่ 90 องศา และได้กำหนดจำนวนครั้งของการนับ ตั้งแต่ 50 ถึง 500 ครั้ง เครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ สามารถนับจำนวนได้ครบตามจำนวนที่กำหนดไว้โดยความคลาดเคลื่อนในการนับเป็น 0 เปอร์เซ็นต์

การทดลองที่ 7 การปรับระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 105 องศา



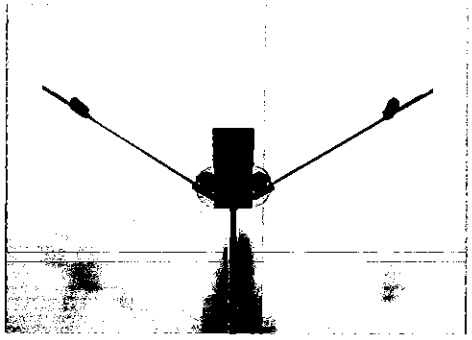
รูปที่ 4.10 ภาพแสดงระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 105 **องศา**

ตารางที่ 4.8 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ **โดยปรับระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 105 องศา**

ครั้งที่	จำนวนครั้งที่ตั้งค่าในเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ	จำนวนครั้งที่เครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ นับได้	ความคลาดเคลื่อน (%)
1	50	50	0
2	100	100	0
3	150	150	0
4	200	200	0
5	250	250	0
6	300	300	0
7	350	350	0
8	400	400	0
9	450	450	0
10	500	500	0

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ โดยปรับระดับเซนเซอร์ที่ 105 องศา และได้กำหนดจำนวนครั้งของการนับ ตั้งแต่ 50 ถึง 500 ครั้ง เครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ สามารถนับจำนวนได้ครบตามจำนวนที่กำหนดไว้โดยความคลาดเคลื่อนในการนับเป็น 0 เปอร์เซ็นต์

การทดลองที่ 8 การปรับระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 120 องศา



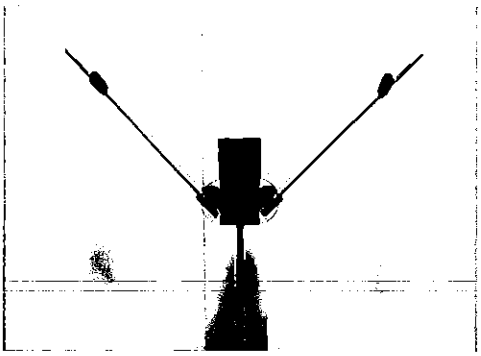
รูปที่ 4.11 ภาพแสดงระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 120 องศา

ตารางที่ 4.9 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ โดยปรับระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 120 องศา

ครั้งที่	จำนวนครั้งที่ตั้งค่าในเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ	จำนวนครั้งที่เครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ นับได้	ความคลาดเคลื่อน (%)
1	50	50	0
2	100	100	0
3	150	150	0
4	200	200	0
5	250	250	0
6	300	300	0
7	350	350	0
8	400	400	0
9	450	450	0
10	500	500	0

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ โดยปรับระดับเซนเซอร์ที่ 120 องศา และได้กำหนดจำนวนครั้งของการนับ ตั้งแต่ 50 ถึง 500 ครั้ง เครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ สามารถนับจำนวนได้ครบตามจำนวนที่กำหนดไว้โดยความคลาดเคลื่อนในการนับเป็น 0 เปอร์เซ็นต์

การทดลองที่ 9 การปรับระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 135 องศา



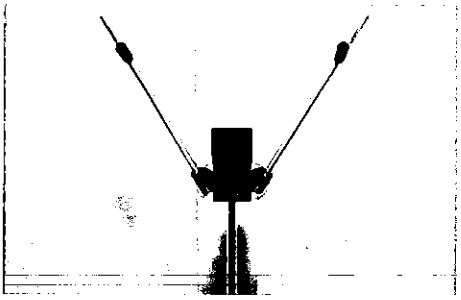
รูปที่ 4.12 ภาพแสดงระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 135 **องศา**

ตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ โดยปรับระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 135 องศา

ครั้งที่	จำนวนครั้งที่ตั้งค่าในเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ	จำนวนครั้งที่เครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ นับได้	ความคลาดเคลื่อน (%)
1	50	50	0
2	100	100	0
3	150	150	0
4	200	200	0
5	250	250	0
6	300	300	0
7	350	350	0
8	400	400	0
9	450	450	0
10	500	500	0

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ โดยปรับระดับเซนเซอร์ที่ 135 องศา และได้กำหนดจำนวนครั้งของการนับ ตั้งแต่ 50 ถึง 500 ครั้ง เครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ สามารถนับจำนวนได้ครบตามจำนวนที่กำหนดไว้โดยความคลาดเคลื่อนในการนับเป็น 0 เปอร์เซ็นต์

การทดลองที่ 10 การปรับระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 150 องศา



รูปที่ 4.13 ภาพแสดงระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 150 องศา

ตารางที่ 4.11 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ โดยปรับระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ 150 องศา

ครั้งที่	จำนวนครั้งที่ตั้งค่าในเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ	จำนวนครั้งที่เครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ นับได้	ความคลาดเคลื่อน (%)
1	50	50	0
2	100	100	0
3	150	150	0
4	200	200	0
5	250	250	0
6	300	300	0
7	350	350	0
8	400	400	0
9	450	450	0
10	500	500	0

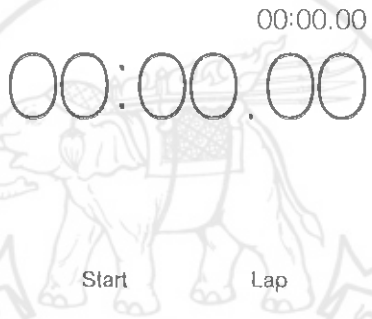
จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ โดยปรับระดับเซนเซอร์ที่ 150 องศา และได้กำหนดจำนวนครั้งของการนับ ตั้งแต่ 50 ถึง 500 ครั้ง เครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ สามารถนับจำนวนได้ครบตามจำนวนที่กำหนดไว้โดยความคลาดเคลื่อนในการนับเป็น 0 เปอร์เซ็นต์

4.2 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ โดยเปรียบเทียบจากเวลา

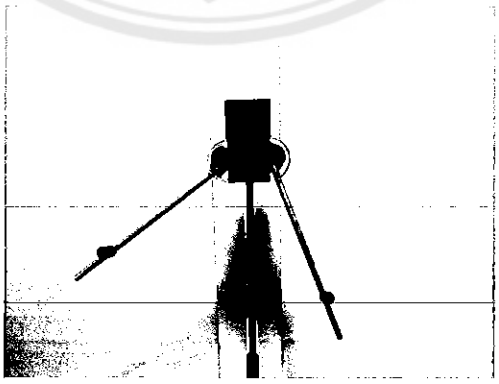
ในการทดลองนี้เป็นการทดลองการตรวจจับเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ โดยเปรียบเทียบจากจำนวนครั้งที่แกว่งได้ในช่วงเวลาที่กำหนด ดังนี้

4.2.1. การทดลองโดยกำหนดเวลาตั้งแต่ 5 นาที ถึง 30 นาที กับจำนวนครั้งที่เครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ นับได้

ในการทดลองโดยใช้นาฬิกาจับเวลาในโทรศัพท์มือถือยี่ห้อ Apple ดังรูปที่ 4.14 เพื่อทดสอบความเที่ยงตรงของเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ โดยใช้เครื่องจำลองการแกว่งแขน ในการทดลองนี้จะปรับระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 ที่ 60 องศาและเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 2 ที่ 30 องศา แสดงดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.14 ภาพแสดงนาฬิกาจับเวลาในโทรศัพท์มือถือยี่ห้อ Apple



รูปที่ 4.15 ภาพแสดงระดับเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 1 ที่ 60 องศาและเซนเซอร์ตำแหน่งที่ 2 ที่ 30 องศา

เป็นการทดลองโดยการตั้งช่วงเวลาเริ่มต้นที่ 5 นาที แล้วเพิ่มขึ้นครั้งละ 5 นาทีจนถึง 30 นาที แล้วทำการเริ่มจับเวลากับการนับจำนวนการแกว่งของเครื่องจำลองการแกว่งแขนพร้อมๆกัน ดังตารางที่ 4.12 ดังนี้

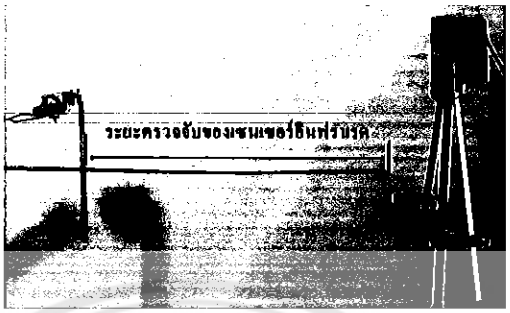
ตารางที่ 4.12 ผลการทดลองโดยการตั้งค่านาฬิกาจับเวลากับจำนวนครั้งที่เครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ นับได้

ครั้งที่	นาฬิกาจับเวลา (นาที)	จำนวนครั้งที่เครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ นับได้(ครั้ง)
1	5	212
2	10	427
3	15	648
4	20	862
5	25	1076
6	30	1291

จากผลการทดสอบ ใช้เวลา 30 นาที โดยใช้เครื่องจำลองการแกว่งแขน เครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ สามารถนับได้ 1291 ครั้ง

4.3 การทดสอบประสิทธิภาพระยะการตรวจจับของเซ็นเซอร์อินฟราเรด

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการทดสอบประสิทธิภาพระยะการตรวจจับของเซ็นเซอร์อินฟราเรด จะทำการทดสอบความสามารถในการตรวจจับได้ ของเซ็นเซอร์อินฟราเรด ตั้งแต่ 0 เซนติเมตร โดยเพิ่มขึ้นที่ละ10 เซนติเมตร ไปเรื่อยๆ จนกว่าเซนเซอร์ตรวจจับไม่ได้ดังนี้



รูปที่ 4.16 การทดสอบระยะการตรวจจับของเซ็นเซอร์อินฟราเรด

ตารางที่ 4.13 ตารางตรวจสอบการวัดระยะของเซนเซอร์อินฟราเรดตั้งแต่ 0 ถึง 100 เซนติเมตร โดยเพิ่มขึ้นที่ละ10 เซนติเมตร

ครั้งที่	ระยะห่างจากเซ็นเซอร์อินฟราเรด (เซนติเมตร)	สถานะการทำงานของเซ็นเซอร์อินฟราเรด
1	0	ตรวจจับไม่ได้
2	10	ตรวจจับได้
3	20	ตรวจจับได้
4	30	ตรวจจับได้
5	40	ตรวจจับได้
6	50	ตรวจจับได้
7	60	ตรวจจับได้
8	70	ตรวจจับได้
9	80	ตรวจจับไม่ได้
10	90	ตรวจจับไม่ได้
11	100	ตรวจจับไม่ได้

จากการตรวจสอบการวัดระยะของเซนเซอร์อินฟราเรดตั้งแต่ 0 ถึง 100 เซนติเมตร พบว่าเซนเซอร์อินฟราเรดสามารถตรวจนับการแกว่งแขนได้ในระยะ 1 ถึง 70 เซนติเมตร ซึ่งมีความใกล้เคียงคุณสมบัติของเซนเซอร์ ที่กล่าวมาในบทที่ 3 หัวข้อที่ 3.2.4

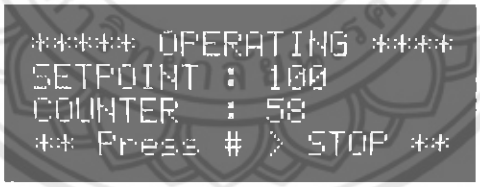
4.4 การทดสอบความสามารถในการทำงานของชุดควบคุมเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการทดสอบการตั้งค่าจำนวนการแกว่งแขนในกรณีที่ทำการแกว่งแขนยังไม่ครบตามจำนวนที่ตั้งค่าไว้ แล้วต้องการบันทึกค่าการแกว่งแขนไว้ จึงทำการปิดเครื่อง เมื่อต้องการกลับมาทำการแกว่งแขนต่อให้เสร็จก็สามารถเปิดเครื่อง แล้วทำการแกว่งแขนต่อจากที่ทำไว้ได้ ซึ่งการทดลองทางผู้จัดทำโครงงานได้ทำการทดสอบการทำงานของชุดควบคุมดังนี้

ในขั้นตอนแรกทางคณะผู้จัดทำได้ทำการตั้งค่าการแกว่งแขนไว้ที่ 100 ครั้ง ดังรูปที่ 4.17

รูปที่ 4.17 ภาพแสดงการตั้งค่าการแกว่งแขนจำนวน 100 ครั้ง

เมื่อทำการตั้งค่าการแกว่งแขนเสร็จก็ทำการแกว่งแขนไปเรื่อยๆจนได้จำนวนครั้งการแกว่งแขนที่ 58 ครั้ง กด # เพื่อหยุดการแกว่งแขนไว้ก่อน ดังรูปที่ 4.18

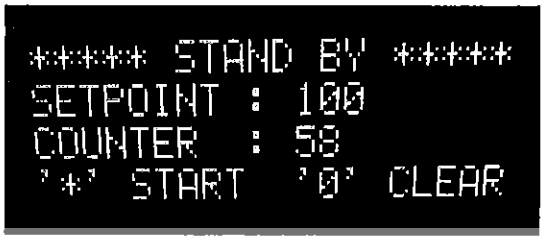


รูปที่ 4.18 ภาพแสดงการนับการแกว่งแขนจำนวน 58 ครั้ง

เมื่อหยุดการแกว่งแขนแล้วขั้นตอนนี้จะเป็นการบันทึกค่าจำนวนการแกว่งแขนโดยกดปุ่ม # เพื่อทำการบันทึกค่าจำนวนการแกว่งแขนแล้วทำการปิดเครื่องไว้สักระยะ ดังรูปที่ 4.19

รูปที่ 4.19 ภาพแสดงการบันทึกค่าจำนวนการแกว่งแขนที่ทำค้างไว้

เมื่อทำการปิดเครื่องทิ้งไว้สักระยะแล้วทางคณะผู้จัดทำได้ทำการเปิดเครื่องอีกครั้งเครื่องยังคงค่าการแกว่งแขนไว้เท่ากับจำนวนที่ทำการบันทึกค่าก่อนปิดเครื่อง ดังรูปที่ 4.20 ซึ่งแสดงได้ว่าการทำงานของชุดควบคุมในการบันทึกค่าการแกว่งแขนสามารถทำได้จริง



รูปที่ 4.20 ภาพแสดงการบันทึกค่าการแกว่งแขนที่ค้างไว้หลังปิด-เปิดเครื่อง

จากการทดสอบเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติสามารถบันทึกจำนวนครั้งการแกว่งแขนที่ทำค้างไว้ก่อนปิดเครื่องและเมื่อเปิดเครื่องสามารถเรียกค่าที่บันทึกไว้ก่อนปิดเครื่องได้

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการสรุปผลการดำเนินการ ปัญหาและการแก้ไข ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา ซึ่งจากการออกแบบและทดสอบเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ ทำให้ได้ข้อสรุปในการดำเนินงานดังนี้

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงงาน

เครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ สามารถนับการแกว่งแขนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยในส่วนของโปรแกรมได้ออกแบบเพื่อเพิ่มความสะดวกให้กับผู้ใช้ การทดลองการทำงานเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ สามารถนับจำนวนได้ครบตามจำนวนที่กำหนดไว้ในระดับองศาการตรวจจับการแกว่งแขนได้ตั้งแต่ 0 ถึง 150 องศา การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ โดยเปรียบเทียบจากเวลา 30 นาที โดยใช้เครื่องจำลองการแกว่งแขน เครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ สามารถนับได้ 1291 ครั้ง การทดสอบเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติสามารถบันทึกจำนวนครั้งการแกว่งแขนที่ทำค้างไว้ก่อนปิดเครื่องและเมื่อเปิดเครื่องสามารถเรียกค่าที่บันทึกไว้ก่อนปิดเครื่องได้ และตรวจสอบการวัดระยะของเซนเซอร์อินฟราเรดตั้งแต่ 0 ถึง 100 เซนติเมตร พบว่าเซนเซอร์อินฟราเรดสามารถตรวจนับการแกว่งแขนได้ในระยะ 1 ถึง 70 เซนติเมตร

5.2 ปัญหาและการแก้ไข

1.ในขณะทำการแกว่งแขนถ้าแกว่งแขนไม่ถึงระดับองศาที่ตั้งไว้ เครื่องจะไม่ทำการนับการแกว่งแขนในครั้งนั้น

2.โปรแกรมมีความล่าช้าในการโหลดและบันทึกข้อมูล

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา

1.ประยุกต์ให้เครื่องสามารถบันทึกสถิติการแกว่งแขนในแต่ละครั้งของผู้ใช้เครื่องนับการแกว่งแขนได้

2.ควรเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีความจุของข้อมูลเพิ่มมากขึ้น เพื่อเพิ่มศักยภาพของระบบให้ทำงานได้อย่างราบรื่น

3.มีการพัฒนาวงจรให้มีขนาดเล็กลงเพื่อสะดวกในการติดตั้งใช้จริง

เอกสารอ้างอิง

[1] การบำบัดด้วยวิธีการแกว่งแขน

จาก https://www.tci-thaijo.org/index.php/JRTAN/article/download/3007/2761

[2] ไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATMEGA328P-PU สืบค้นเมื่อ 3 พฤษภาคม 2558

จาก http://www.atmel.com/devices/atmega328p.aspx

[3] ภาษาซี (C Programming Language) สืบค้นเมื่อ 3 พฤษภาคม 2558

จาก http://itd.htc.ac.th/st_it50/it5016/nidz/Web_C/unit2.html

[4] โฟโต้เซลล์ สืบค้นเมื่อ 13 พฤษภาคม 2558

จาก http://www.rmutphysics.com/CHARUD/invention/invention2/Nanodisplay/nanodisplay4.htm

[5] เซนเซอร์อินฟราเรด (Infrared sensor) สืบค้นเมื่อ 13 พฤษภาคม 2558

จาก http://amperkot.ru/static/3236/uploads/datasheets/e18-d80nk-ds.pdf

[6] ระบบแหล่งจ่ายแรงดันไฟสืบค้นเมื่อ 13 พฤษภาคม 2558

จาก http://www.te.kmutnb.ac.th/~msn/222210lecture08.pdf

[7] สวิตช์เมตริกซ์ สืบค้นเมื่อ 16 พฤษภาคม 2558

จาก http://www.ntc.ac.th/files/1109291212435162_12092321215143.doc

[8] การคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์) และค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เฉลี่ย สืบค้นเมื่อ 16 พฤษภาคม 2558

จาก http://errorsofmeasurement.blogspot.com/2013_11_01_archive.html

ภาคผนวก ก
โปรแกรมการทำงานของเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ

```
*****************************START PROGRAM*********************************
#include <LiquidCrystal.h>
#include <Keypad.h>
#include <EEPROM.h>
LiquidCrystal lcd(13, 12, 11, 10, 9, 8);
int buzzer = 4;
int address = 0;
long value = 0;
int a=0;
int c=0;
const int Sensor1_Pin = 2;
const int Sensor2_Pin = 3;
int Sensor1_State = HIGH;
int Sensor2_State = HIGH;
String data = "";
long setpoint = 0;
long counter  = 0;
const byte COLS = 3;
const byte ROWS = 4

char keys[ROWS][COLS] = {
                    {'1','2','3'},
                    {'4','5','6'},
                    {'7','8','9'},
                    {'*','0','#'}
                  };
byte rowPins[ROWS] = {17, 16, 15, 14};
byte colPins[COLS] = {7, 6, 5};
Keypad keypad = Keypad(makeKeymap(keys), rowPins, colPins, ROWS, COLS);
```

```
*****************************MAIN SETUP***********************************
void setup()
{
 lcd.begin(20,4);
 read_data();
 pinMode(Sensor1_Pin, INPUT);
 pinMode(Sensor2_Pin, INPUT);
 pinMode(buzzer,OUTPUT);
 digitalWrite(buzzer,LOW);
 if(setpoint <= 0 && counter <= 0)
 {
 lcd.setCursor(0,0);
 lcd.print("***** STAND BY *****");
 lcd.setCursor(0,1);
 lcd.print("SETPOINT :       ");
 lcd.setCursor(0,2);
 lcd.print("COUNTER  :       ");
 lcd.setCursor(0,3);
 lcd.print("***  #  >> SETUP ***");
 }
 if(setpoint > 0 || counter > 0)
 {
 lcd.setCursor(0,0);
 lcd.print("***** STAND BY *****");
 lcd.setCursor(0,1);
 lcd.print("SETPOINT :       ");
 lcd.setCursor(0,2);
 lcd.print("COUNTER  :       ");
 lcd.setCursor(0,3);
 lcd.print("'*' START  '0' CLEAR");
 }
 lcd.setCursor(11,1);
```

```
 lcd.print(setpoint);
 lcd.setCursor(11,2);
 lcd.print(counter);
 digitalWrite(buzzer,HIGH);
 delay(100);
 digitalWrite(buzzer,LOW);
 delay(80);
 digitalWrite(buzzer,HIGH);
 delay(100);
 digitalWrite(buzzer,LOW);
 delay(300);
}
**********MAIN LOOP PROGRAM**********
void loop()
{
 char key = keypad.getKey();
 if(key == '0' && setpoint >0)
 {
  clear_data();
 }
 if(key == '#')
 {
  setpoint = 0;
  digitalWrite(buzzer,HIGH);
  delay(20);
  digitalWrite(buzzer,LOW);
  set_up();
 }
 if(key == '*' && setpoint > 0 && counter <= 0)
 {
  digitalWrite(buzzer,HIGH);
  delay(20);
```

```
  digitalWrite(buzzer,LOW);
  lcd.setCursor(0,2);
  lcd.print("COUNTER :      ");
  counter = 0;
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("***** OPERATING ****");
  lcd.setCursor(0,3);
  lcd.print("** Press # > STOP **");
  start();
 }
 if(key == '*' && counter == setpoint)
 {
  digitalWrite(buzzer,HIGH);
  delay(20);
  digitalWrite(buzzer,LOW);
  lcd.setCursor(0,2);
  lcd.print("COUNTER :      ");
  counter = 0;
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("***** OPERATING ****");
  lcd.setCursor(0,3);
  lcd.print("** Press # > STOP **");
  start();
 }
 if(key == '*' && counter > 0 && setpoint > 0)
 {
  digitalWrite(buzzer,HIGH);
  delay(20);
  digitalWrite(buzzer,LOW);
  lcd.setCursor(0,2);
  lcd.print("COUNTER :      ");
  lcd.setCursor(0,0);
```

```
   lcd.print("***** OPERATING ****");
   lcd.setCursor(0,3);
   lcd.print("** Press # > STOP **");
   start();
  }
  lcd.setCursor(11,1);
  lcd.print(setpoint);
  lcd.setCursor(11,2);
  lcd.print(counter);
}
**********SETUP SETPOINT FUNCTION (SUBPROGRAM)**********
void set_up()
{
 lcd.clear();
 delay(10);
 lcd.setCursor(0,0);
 lcd.print("******* SETUP ******");
 lcd.setCursor(0,1);
 lcd.print("SETPOINT :        ");
 lcd.setCursor(0,2);
 lcd.print("                  ");
 lcd.setCursor(0,3);
 lcd.print(" '*' OK  '#' DELETE ");
 while(1)
 {
  char key = keypad.getKey();
  if(key)
  {
   digitalWrite(buzzer,HIGH);
   delay(20);
   digitalWrite(buzzer,LOW);
   data += key;
```

```
    setpoint = data.toInt();
   }
   if(setpoint > 9999)
   {
    data = "";
    setpoint = 0;
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("SETPOINT :       ");
   }
   if(key == '*')
   {
    data = "";
    break;
   }
   if(key == '#')
   {
    data = "";
    setpoint = 0;
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("SETPOINT :       ");
   }
  lcd.setCursor(11,1);
  lcd.print(setpoint);
}
  lcd.clear();
  delay(10);
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("***** STAND BY *****");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("SETPOINT :       ");
  lcd.setCursor(0,2);
  lcd.print("COUNTER  :       ");
```

```
 lcd.setCursor(0,3);
 lcd.print(" Press * >>> START ");
}
*****************START SENSOR1 CHECKING (SUBPROGRAM)*******************
void start()  {
 while(1)
 {
  lcd.setCursor(11,2);
  lcd.print(counter);
  char key = keypad.getKey();
  if(key == '#')
  {
   Stop_System();
  }
  int reading1 = digitalRead(Sensor1_Pin);
  if (reading1 != Sensor1_State)
  {
   Sensor1_State = reading1;
   if (Sensor1_State == HIGH)
   {
    Sensor2_Check();
   }
  }
  if(counter == setpoint)
  {
   lcd.setCursor(0,0);
   lcd.print("***** COMPLETE *****");
   lcd.setCursor(0,3);
   lcd.print(" Press *  >>> START ");
   lcd.setCursor(11,1);
   lcd.print(setpoint);
   lcd.setCursor(11,2);
```

```
    lcd.print(counter);
    for(address = 0; address < 110; address++)
    {
     EEPROM.write(address,0);
    }
    buzzer_run();
    break;
   }
  }
}
**********SENSOR2 CHECKING (SUBPROGRAM)**********
void Sensor2_Check()  {
 while(1)
 {
  char key = keypad.getKey();
  if(key == '#')
  {
   Stop_System();
  }
  int reading2 = digitalRead(Sensor2_Pin);
  if (reading2 != Sensor2_State)
  {
   Sensor2_State = reading2;
   if (Sensor2_State == HIGH)
   {
    Sensor1_Return();
    break;
   }
  }
 }
}
```

```
**********RETURN TO SENSOR1 & Addition Counter (SUBPROGRAM)**********
void Sensor1_Return()  {
 while(1)
 {
  char key = keypad.getKey();
  if(key == '#')
  {
   Stop_System();
  }
  int reading3 = digitalRead(Sensor1_Pin);
  if (reading3 != Sensor1_State)
  {
   Sensor1_State = reading3;
   if (Sensor1_State == HIGH)
   {
    counter = counter + 1;
    digitalWrite(buzzer,HIGH);
    delay(50);
    digitalWrite(buzzer,LOW);
    break;
   }
  }
 }
}
**********STOP & RETURN OPERATING (SUBPROGRAM)**********
void Stop_System()  {
 while(1)
 {
  char key = keypad.getKey();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("******* STOP *******");
  lcd.setCursor(0,3);
```

```
    lcd.print("'*' RESUME  '#' SAVE");
    if(key == '*')
    {
     lcd.setCursor(0,0);
     lcd.print("***** OPERATING ****");
     lcd.setCursor(0,3);
     lcd.print("** Press # > STOP **");
     return;
    }
    if(key == '#')
    {
     write_data();
    }
  }
}
**********BUZZER INCOMPLETE (SUBPROGRAM)**********
void buzzer_run()  {
  for(int i=0;i<5;i++)
  {
   digitalWrite(buzzer,HIGH);
   delay(100);
   digitalWrite(buzzer,LOW);
   delay(80);
   digitalWrite(buzzer,HIGH);
   delay(100);
   digitalWrite(buzzer,LOW);
   delay(80);
   digitalWrite(buzzer,HIGH);
   delay(100);
   digitalWrite(buzzer,LOW);
   delay(1000);
  }
```

```
 digitalWrite(buzzer,LOW);
}
*****************************EEPROM DATA WRITE*****************************
void write_data()
{
 lcd.clear();
 delay(100);
 lcd.setCursor(0,0);
 lcd.print("*** DATA SAVING ****");
 lcd.setCursor(0,3);
 lcd.print("*** PLEASE WAIT ****");
 address = 0;
   for(int b=0;b<setpoint;b++)
   {
    c = c+1;
    EEPROM.write(address,c);
    if(c == 200)
    {
     c=0;
     address = address + 1;
    }
    if(address == 50)
    {
     break;
    }
   }
   c = 0;

 address = 51;
   for(int b=0;b<counter;b++)
   {
    c = c+1;
```

```
      EEPROM.write(address,c);
      if(c == 200)
      {
       c=0;
       address = address + 1;
      }
      if(address == 101)
      {
       break;
      }
    }
    c = 0;
delay(1000);
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("**** DATA SAVED ****");
lcd.setCursor(0,3);
lcd.print("******* DONE *******");
digitalWrite(buzzer,HIGH);
delay(100);
digitalWrite(buzzer,LOW);
delay(80);
digitalWrite(buzzer,HIGH);
delay(100);
digitalWrite(buzzer,LOW);
delay(300);
lcd.clear();
delay(10);
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("***** STAND BY *****");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("SETPOINT :       ");
lcd.setCursor(0,2);
```

```
 lcd.print("COUNTER :       ");
 lcd.setCursor(0,3);
 lcd.print(" Press * >>> START ");
 lcd.setCursor(11,1);
 lcd.print(setpoint);
 lcd.setCursor(11,2);
 lcd.print(counter);
}
************************EEPROM DATA READ*********************************
void read_data()
{
 lcd.clear();
 delay(100);
 lcd.setCursor(0,0);
 lcd.print("*** DATA READING ***");
 lcd.setCursor(0,3);
 lcd.print("*** PLEASE WAIT ****");
address = 0;
while(1)
  {

value += EEPROM.read(address);
      address = address+1;
      if(address == 50)
      {
       break;
      }
  }
setpoint = value,DEC;
value = 0;
address = 51;
while(1)
```

```
  {
     value += EEPROM.read(address);
     address = address+1;
     if(address == 101)
     {
      break;
     }
  }
 counter = value,DEC;
 value = 0;
 delay(3000);
 lcd.clear();
}
**********************EEPROM DATA CLEAR*****************************
void clear_data()  {
  for(address = 0;address<110; address++)
  {
   EEPROM.write(address,0);
  }
  setpoint = 0;
  counter = 0;
  value = 0;
  delay(100);
  lcd.clear();
  delay(100);
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("*** DATA CLAERED ***");
  lcd.setCursor(0,3);
  lcd.print("******* DONE *******");
  digitalWrite(buzzer,HIGH);
  delay(100);
  digitalWrite(buzzer,LOW);
```

```
  delay(80);
  digitalWrite(buzzer,HIGH);
  delay(100);
  digitalWrite(buzzer,LOW);
  delay(300);
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("***** STAND BY *****");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("SETPOINT :       ");
  lcd.setCursor(0,2);
  lcd.print("COUNTER  :       ");
  lcd.setCursor(0,3);
  lcd.print("***  #  >> SETUP ***");
}
********************************** END PROGRAM ***************************
```

ภาคผนวก ข
คู่มือการใช้งาน เครื่องนับการแกว่งแขนอัตโนมัติ

คู่มือฉบับนี้จัดทำเพื่ออธิบายการใช้งานและวิธีการต่อไฟเลี้ยงที่ใช้ในการทำงานของเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ โดยมีรายละเอียดการใช้งานและวิธีการต่อไฟเลี้ยงดังนี้

1.วิธีการต่อไฟเลี้ยงของเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ

2.รายละเอียดของปุ่มสถานะต่างๆ

3.วิธีการใช้งานตั้งค่าจำนวนการแกว่งแขนและการบันทึกค่าการแกว่งแขน

1. วิธีการต่อแบตเตอรี่ของเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ

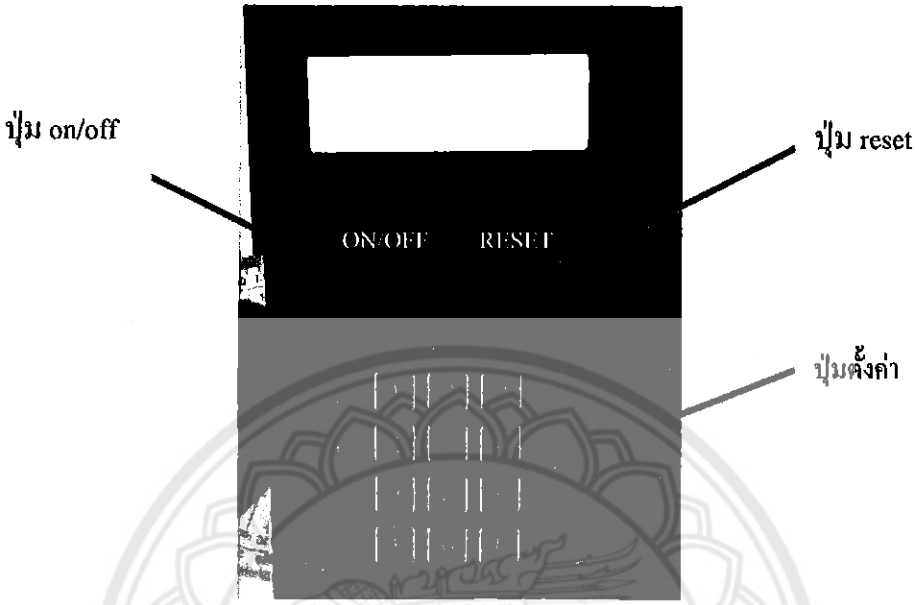
การทำงานของเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติจะต้องมีไฟเลี้ยงอยู่ตลอดเวลาเพื่อให้วงจรทำงานได้ โดยมีการต่อเข้ากับตัวเครื่องดังนี้

(ก) แบตเตอรี่ 5 โวลต์ (ข) เสียบสายที่ด้านหลังเครื่อง

รูปที่ 1 แสดงการต่อไฟเลี้ยงของเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ

2. รายละเอียดของปุ่มสถานะต่างๆ

ลักษณะการใช้งานของปุ่มกดต่างๆ โดยมีการติดตั้งดังรูป



รูปที่ 2 แสดงปุ่มการทำงานต่างๆ

3. วิธีการใช้งานตั้งค่าจำนวนการการแกว่งแขนและการบันทึกค่าการแกว่งแขน

1. กดปุ่ม "ON/OFF" เพื่อให้เครื่องทำงานและหน้าจอแสดงผลแอลซีดีจะแสดงข้อความ (Stand by) ดังรูปที่ 3

รูปที่ 3 แสดงข้อความ (Stand by) เพื่อรอทำการตั้งค่าจำนวนการแกว่งแขน

2. กด " # " เพื่อทำการตั้งค่าจำนวนการแกว่งแขน หน้าจอแสดงผลแอลซีดีจะแสดงข้อความ (Setup) ดังรูปที่ 4 (ก) ให้ผู้ใช้งานกดปุ่มตั้งค่าเพื่อกำหนดจำนวนครั้งในการแกว่งแขนในที่นี้ได้ทำการตั้งค่าไว้ที่ 100 ครั้ง ถ้าตั้งค่าผิดหรืออยากตั้งค่าใหม่ให้กด " # " ดังรูปที่ 4 (ข) ถ้าตั้งค่าเสร็จเรียบร้อยให้กด " * " เพื่อเตรียมการเริ่มการแกว่งแขนแสดงดังรูปที่ 4 (ค)

(ก) (ข)

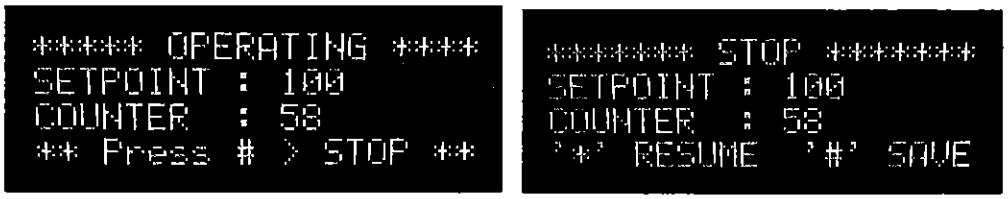
(ค)

รูปที่ 4 แสดงขั้นตอนการตั้งค่าจำนวนการแกว่งแขน

3.เมื่อผู้ใช้พร้อมแล้วให้กด " * " เพื่อเริ่มการแกว่งแขนได้แสดงดังรูปที่ 5

รูปที่ 5 แสดงขั้นตอนเริ่มการแกว่งแขน

4.ขณะที่ทำการแกว่งแขนอยู่แสดงดังรูปที่ 6 (ก) ถ้าต้องการที่จะหยุดพักการแกว่งแขนให้ผู้ใช้กด " # " เพื่อหยุดการแกว่งแขนแสดงดังรูปที่ 6 (ข)



(ก) (ข)

รูปที่ 6 แสดงขั้นตอนการแกว่งแขนและหยุดการแกว่งแขน

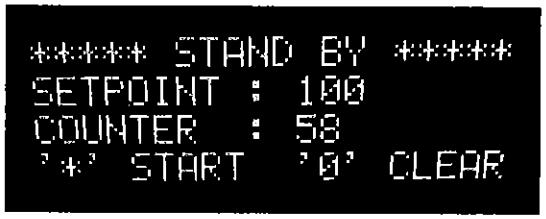
5.เมื่อผู้ใช้ต้องการกลับมาทำการแกว่งแขนอีกครั้ง ให้กด " * " เพื่อทำการแกว่งแขนต่อแสดงดังรูปที่ 7 (ก) แต่ถ้าไม่ต้องการทำต่อก็สามารถบันทึกค่าจำนวนการแกว่งแขนที่ได้หยุดพักไว้ในข้อก่อนหน้านี้ โดยกด " # " เพื่อทำการบันทึกการแกว่งแขน แสดงดังรูปที่ 7 (ข) เมื่อบันทึกเสร็จแสดงดังรูปที่ 7 (ค) ผู้ใช้สามารถทำการปิดเครื่องได้เลย

(ก) (ข)

(ค)

รูปที่ 7 แสดงขั้นตอนการกลับมาทำการแกว่งแขนอีกครั้ง

6.เมื่อผู้ใช้งานจะกลับมาทำการแกว่งแขนใหม่อีกครั้ง ก็สามารถกดปุ่ม ON/OFF เพื่อเปิดเครื่องนับการแกว่งแขนแบบอัตโนมัติ จะแสดงค่าดังรูปที่ 8 แล้วทำการกดปุ่ม " * " เพื่อเริ่มทำการแกว่งแขนต่อได้เลย หรือถ้าต้องการตั้งค่าใหม่ให้กด " 0 " เพื่อลบการบันทึกจำนวนการแกว่งแขนแล้วย้อนกลับไปทำตามหัวข้อที่ 2 ใหม่อีกครั้ง



รูปที่ 8 แสดงการเปิดเครื่อง

7.เมื่อทำการแกว่งแขนครบตามกำหนดแล้วจะมีเสียงเตือนดังปี๊บ 5 ครั้ง เพื่อบอกให้ผู้ใช้งานได้ทราบว่าได้ทำการแกว่งแขนเสร็จสิ้นลงแล้ว หน้าจอจะแสดงดังรูปที่ 9 ถ้าต้องการที่จะทำการแกว่งแขนใหม่อีกครั้งตามที่ตั้งค่าจำนวนการแกว่งแขนเดิมให้กด " * " เพื่อเริ่มทำการแกว่งแขนได้เลย แต่ถ้าผู้ใช้ต้องการตั้งค่าการแกว่งแขนใหม่ให้กด " Reset " เพื่อทำการตั้งค่าการแกว่งแขน โดยย้อนกลับไปทำตามหัวข้อที่ 2 ใหม่อีกครั้ง

รูปที่ 9 แสดงขั้นตอนเมื่อทำการแกว่งแขนครบตามจำนวน

ภาคผนวก ค

รายละเอียด IC Atmega328P

ATMEL 8-BIT MICROCONTROLLER WITH 4/8/16/32KBYTES IN-SYSTEM PROGRAMMABLE FLASH

DATASHEET SUMMARY

Features

- High Performance, Low Power Atmel®AVR® 8-Bit Microcontroller Family
- Advanced RISC Architecture
  - 131 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
  - 32 x 8 General Purpose Working Registers
  - Fully Static Operation
  - Up to 20 MIPS Throughput at 20MHz
  - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory Segments
  - 4/8/16/32KBytes of In-System Self-Programmable Flash program memory
  - 256/512/512/1KBytes EEPROM
  - 512/1K/1K/2KBytes Internal SRAM
  - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
  - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C(1)
  - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
    - In-System Programming by On-chip Boot Program
    - True Read-While-Write Operation
  - Programming Lock for Software Security
- Atmel® QTouch® library support
  - Capacitive touch buttons, sliders and wheels
  - QTouch and QMatrix® acquisition
  - Up to 64 sense channels
- Peripheral Features
  - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescaler and Compare Mode
  - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
  - Real Time Counter with Separate Oscillator
  - Six PWM Channels
  - 8-channel 10-bit ADC in TQFP and QFN/MLF package
    - Temperature Measurement
  - 6-channel 10-bit ADC in PDIP Package
    - Temperature Measurement
  - Programmable Serial USART
  - Master/Slave SPI Serial Interface
  - Byte-oriented 2-wire Serial Interface (Philips I²C compatible)
  - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
  - On-chip Analog Comparator
  - Interrupt and Wake-up on Pin Change

- Special Microcontroller Features
  - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
  - Internal Calibrated Oscillator
  - External and Internal Interrupt Sources
  - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby, and Extended Standby
- I/O and Packages
  - 23 Programmable I/O Lines
  - 28-pin PDIP, 32-lead TQFP, 28-pad QFN/MLF and 32-pad QFN/MLF
- Operating Voltage:
  - 1.8 - 5.5V
- Temperature Range:
  - -40°C to 85°C
- Speed Grade:
  - 0 - 4MHz@1.8 - 5.5V, 0 - 10MHz@2.7 - 5.5V, 0 - 20MHz @ 4.5 - 5.5V
- Power Consumption at 1MHz, 1.8V, 25°C
  - Active Mode: 0.2mA
  - Power-down Mode: 0.1µA
  - Power-save Mode: 0.75µA (Including 32kHz RTC)

1. Pin Configurations

Figure 1-1. Pinout ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P

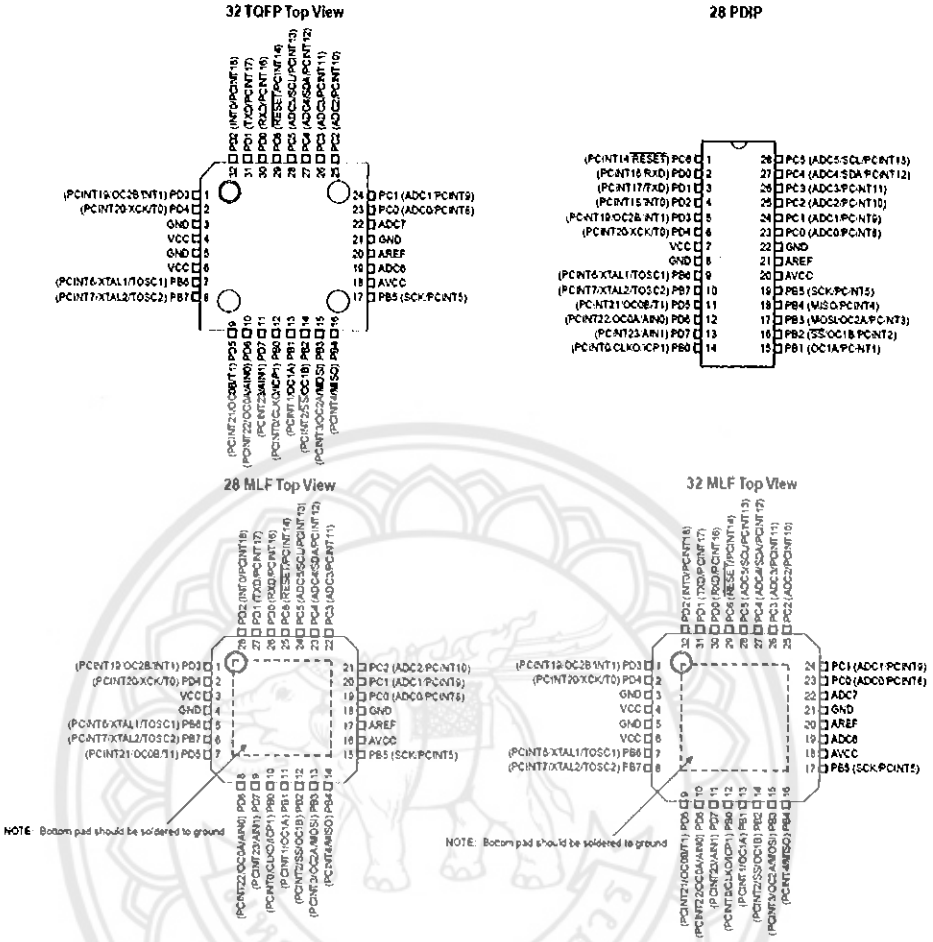


Table 1-1. 32UFBGA - Pinout ATmega48A/48PA/88A/88PA/168A/168PA

	1	2	3	4	5	6
A	PD2	PD1	PC6	PC4	PC2	PC1
B	PD3	PD4	PD0	PC5	PC3	PC0
C	GND	GND			ADC7	GND
D	VDD	VDD			AREF	ADC6
E	PB6	PD6	PB0	PB2	AVDD	PB5
F	PB7	PD5	PD7	PB1	PB3	PB4

1.1 Pin Descriptions

1.1.1 VCC

Digital supply voltage.

1.1.2 GND

Ground.

1.1.3 Port B (PB7:0) XTAL1/XTAL2/TOSC1/TOSC2

Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Depending on the clock selection fuse settings, PB6 can be used as input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

Depending on the clock selection fuse settings, PB7 can be used as output from the inverting Oscillator amplifier.

If the Internal Calibrated RC Oscillator is used as chip clock source, PB7...6 is used as TOSC2...1 input for the Asynchronous Timer/Counter2 if the AS2 bit in ASSR is set.

The various special features of Port B are elaborated in "Alternate Functions of Port B" on page 82 and "System Clock and Clock Options" on page 27.

1.1.4 Port C (PC5:0)

Port C is a 7-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The PC5...0 output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

1.1.5 PC6/$\overline{\text{RESET}}$

If the RSTDISBL Fuse is programmed, PC6 is used as an I/O pin. Note that the electrical characteristics of PC6 differ from those of the other pins of Port C.

If the RSTDISBL Fuse is unprogrammed, PC6 is used as a Reset input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a Reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in Table 29-11 on page 305. Shorter pulses are not guaranteed to generate a Reset.

The various special features of Port C are elaborated in "Alternate Functions of Port C" on page 85.

1.1.6 Port D (PD7:0)

Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

The various special features of Port D are elaborated in "Alternate Functions of Port D" on page 88.

1.1.7 AV_{CC}

AV_{CC} is the supply voltage pin for the A/D Converter, PC3:0, and ADC7:6. It should be externally connected to V_{CC}, even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to V_{CC} through a low-pass filter. Note that PC6...4 use digital supply voltage, V_{CC}.

1.1.8 AREF

AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.

1.1.9 ADC7:6 (TQFP and QFN/MLF Package Only)

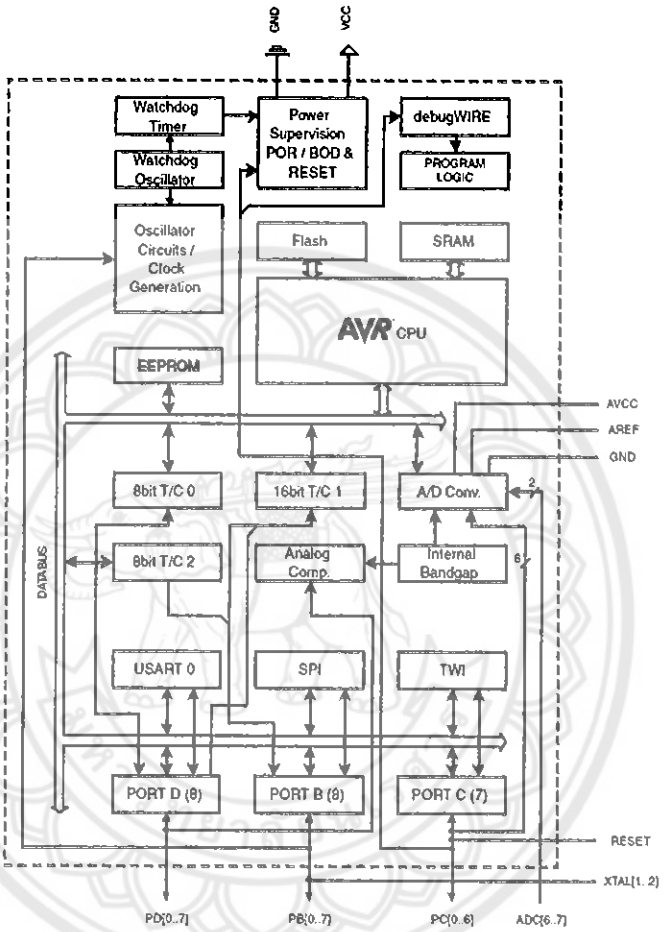
In the TQFP and QFN/MLF package, ADC7:6 serve as analog inputs to the A/D converter. These pins are powered from the analog supply and serve as 10-bit ADC channels.

2. Overview

The ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

2.1 Block Diagram

Figure 2-1. Block Diagram



The AVR core combines a rich instruction set with 32 general purpose working registers. All the 32 registers are directly connected to the Arithmetic Logic Unit (ALU), allowing two independent registers to be accessed in one single instruction executed in one clock cycle. The resulting architecture is more code efficient while achieving throughputs up to ten times faster than conventional CISC microcontrollers.

The ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P provides the following features: 4K/8Kbytes of In-System Programmable Flash with Read-While-Write capabilities, 256/512/512/1Kbytes EEPROM, 512/1K/1K/2Kbytes SRAM, 23 general purpose I/O lines, 32 general purpose working registers, three flexible Timer/Counters with compare modes, internal and external interrupts, a serial programmable USART, a byte-oriented 2-wire Serial Interface, an SPI serial port, a 6-channel 10-bit ADC (8 channels in TQFP and QFN/MLF packages), a programmable Watchdog Timer with internal Oscillator, and five software selectable power saving modes. The Idle mode stops the CPU while allowing the SRAM, Timer/Counters, USART, 2-wire Serial Interface, SPI port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the register contents but freezes the Oscillator, disabling all other chip functions until the next interrupt or hardware reset. In Power-save mode, the asynchronous timer continues to run, allowing the user to maintain a timer base while the rest of the device is sleeping. The ADC Noise Reduction mode stops the CPU and all I/O modules except asynchronous timer and ADC, to minimize switching noise during ADC conversions. In Standby mode, the crystal/resonator Oscillator is running while the rest of the device is sleeping. This allows very fast start-up combined with low power consumption.

Atmel® offers the QTouch® library for embedding capacitive touch buttons, sliders and wheels functionality into AVR® microcontrollers. The patented charge-transfer signal acquisition offers robust sensing and includes fully debounced reporting of touch keys and includes Adjacent Key Suppression® (AKS™) technology for unambiguous detection of key events. The easy-to-use QTouch Suite toolchain allows you to explore, develop and debug your own touch applications.

The device is manufactured using Atmel's high density non-volatile memory technology. The On-chip ISP Flash allows the program memory to be reprogrammed In-System through an SPI serial interface, by a conventional non-volatile memory programmer, or by an On-chip Boot program running on the AVR core. The Boot program can use any interface to download the application program in the Application Flash memory. Software in the Boot Flash section will continue to run while the Application Flash section is updated, providing true Read-While-Write operation. By combining an 8-bit RISC CPU with In-System Self-Programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P is a powerful microcontroller that provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

The ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P AVR is supported with a full suite of program and system development tools including: C Compilers, Macro Assemblers, Program Debugger/Simulators, In-Circuit Emulators, and Evaluation kits.

2.2 Comparison Between Processors

The ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P differ only in memory sizes, boot loader support, and interrupt vector sizes. Table 2-1 summarizes the different memory and interrupt vector sizes for the devices.

Table 2-1. Memory Size Summary

Device	Flash	EEPROM	RAM	Interrupt Vector Size
ATmega48A	4KBytes	256Bytes	512Bytes	1 instruction word/vector
ATmega48PA	4KBytes	256Bytes	512Bytes	1 instruction word/vector
ATmega88A	8KBytes	512Bytes	1KBytes	1 instruction word/vector
ATmega88PA	8KBytes	512Bytes	1KBytes	1 instruction word/vector
ATmega168A	16KBytes	512Bytes	1KBytes	2 instruction words/vector
ATmega168PA	16KBytes	512Bytes	1KBytes	2 instruction words/vector
ATmega328	32KBytes	1KBytes	2KBytes	2 instruction words/vector
ATmega328P	32KBytes	1KBytes	2KBytes	2 instruction words/vector

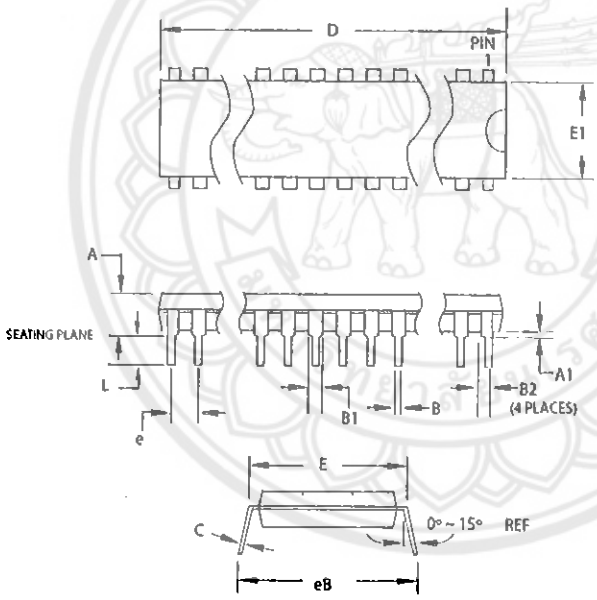
9.8 ATmega328P

Speed (MHz)	Power Supply (V)	Ordering Code	Package	Operational Range
20	1.8 - 5.5	ATmega328P-AU ATmega328P-AUR(5) ATmega328P-MMH(4) ATmega328P-MMHR(4)(5) ATmega328P-MU ATmega328P-MUR(5) ATmega328P-PU	32A 32A 28M1 28M1 32M1-A 32M1-A 28P3	Industrial (-40°C to 85°C)
		ATmega328P-AN ATmega328P-ANR(5) ATmega328P-MN ATmega328P-MNR(5) ATmega328P-PN	32A 32A 32M1-A 32M1-A 28P3	Industrial (-40°C to 105°C)

Note:
1. This device can also be supplied in wafer form. Please contact your local Atmel sales office for detailed ordering information and minimum quantities.
2. Pb-free packaging complies to the European Directive for Restriction of Hazardous Substances (RoHS directive).Also Halide free and fully Green.
3. See Figure 29-1 on page 303.
4. NiPdAu Lead Finish.
5. Tape & Reel.

10. Packaging Information

10.6 28P3



COMMON DIMENSIONS
(Unit of Measure = mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX	NOTE
A	-	-	4.5724	
A1	0.508	-	-	
D	34.544	-	34.798	Note 1
E	7.620	-	8.255	
E1	7.112	-	7.493	Note 1
B	0.381	-	0.533	
B1	1.143	-	1.397	
B2	0.762	-	1.143	
L	3.175	-	3.429	
C	0.203	-	0.356	
eB	-	-	10.160	
e	2.540 TYP			

Note: 1. Dimensions D and E1 do not include mold Flash or Protrusion. Mold Flash or Protrusion shall not exceed 0.25mm (0.010").

09/28/01

Atmel 2325 Orchard Parkway San Jose, CA 95131	TITLE: 28P3, 28-lead (0.300"/7.62mm Wide) Plastic Dual Inline Package (PDIP)	DRAWING NO.: 28P3	REV.: B

ภาคผนวก ง

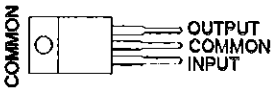
รายละเอียด IC LM7805

µA7800 SERIES
POSITIVE-VOLTAGE REGULATORS

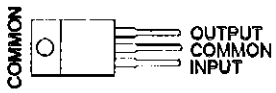
SLVS056J – MAY 1976 – REVISED MAY 2003

- 3-Terminal Regulators
- Output Current up to 1.5 A
- Internal Thermal-Overload Protection
- High Power-Dissipation Capability
- Internal Short-Circuit Current Limiting
- Output Transistor Safe-Area Compensation

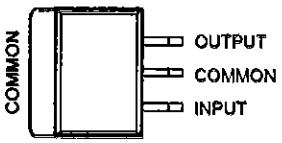
KC (TO-220) PACKAGE
(TOP VIEW)



KCS (TO-220) PACKAGE
(TOP VIEW)



KTE PACKAGE
(TOP VIEW)



description/ordering information

This series of fixed-voltage integrated-circuit voltage regulators is designed for a wide range of applications. These applications include on-card regulation for elimination of noise and distribution problems associated with single-point regulation. Each of these regulators can deliver up to 1.5 A of output current. The internal current-limiting and thermal-shutdown features of these regulators essentially make them immune to overload. In addition to use as fixed-voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable output voltages and currents, and also can be used as the power-pass element in precision regulators.

ORDERING INFORMATION

T_J	$V_{O(NOM)}$ (V)	PACKAGE†		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
0°C to 125°C	5	POWER-FLEX (KTE)	Reel of 2000	µA7805CKTER	µA7805C
		TO-220 (KC)	Tube of 50	µA7805CKC	µA7805C
		TO-220, short shoulder (KCS)	Tube of 20	µA7805CKCS	
	8	POWER-FLEX (KTE)	Reel of 2000	µA7808CKTER	µA7808C
		TO-220 (KC)	Tube of 50	µA7808CKC	µA7808C
		TO-220, short shoulder (KCS)	Tube of 20	µA7808CKCS	
	10	POWER-FLEX (KTE)	Reel of 2000	µA7810CKTER	µA7810C
		TO-220 (KC)	Tube of 50	µA7810CKC	µA7810C
	12	POWER-FLEX (KTE)	Reel of 2000	µA7812CKTER	µA7812C
		TO-220 (KC)	Tube of 50	µA7812CKC	µA7812C
		TO-220, short shoulder (KCS)	Tube of 20	µA7812CKCS	
	15	POWER-FLEX (KTE)	Reel of 2000	µA7815CKTER	µA7815C
		TO-220 (KC)	Tube of 50	µA7815CKC	µA7815C
		TO-220, short shoulder (KCS)	Tube of 20	µA7815CKCS	
	24	POWER-FLEX (KTE)	Reel of 2000	µA7824CKTER	µA7824C
		TO-220 (KC)	Tube of 50	µA7824CKC	µA7824C

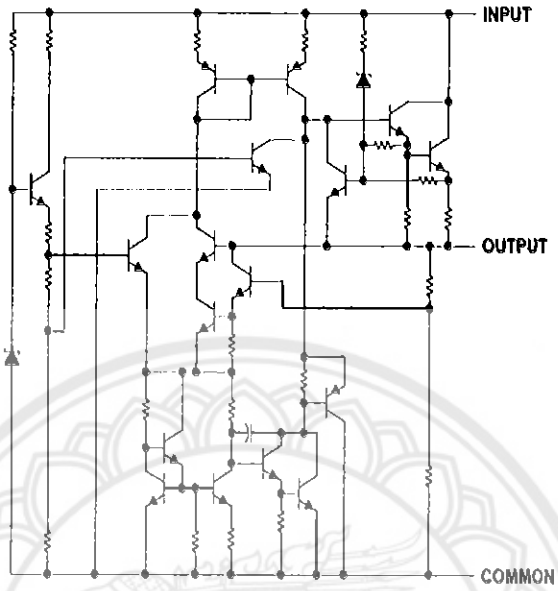
† Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at www.ti.com/sc/package.

Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

Copyright © 2003, Texas Instruments Incorporated

schematic



absolute maximum ratings over virtual junction temperature range (unless otherwise noted)†

Input voltage, V_I: μA7824C ..... 40 V
All others ..... 35 V
Operating virtual junction temperature, T_J ..... 150°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds ..... 260°C
Storage temperature range, T_{stg} ..... –65°C to 150°C

† Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

package thermal data (see Note 1)

PACKAGE	BOARD	θ_{JC}	θ_{JA}
POWER-FLEX (KTE)	High K, JESD 51-5	3°C/W	23°C/W
TO-220 (KC/KCS)	High K, JESD 51-5	3°C/W	19°C/W

NOTE 1: Maximum power dissipation is a function of $T_J(max)$, θ_{JA}, and T_A. The maximum allowable power dissipation at any allowable ambient temperature is $P_D = (T_J(max) - T_A)/\theta_{JA}$. Operating at the absolute maximum T_J of 150°C can affect reliability.

recommended operating conditions

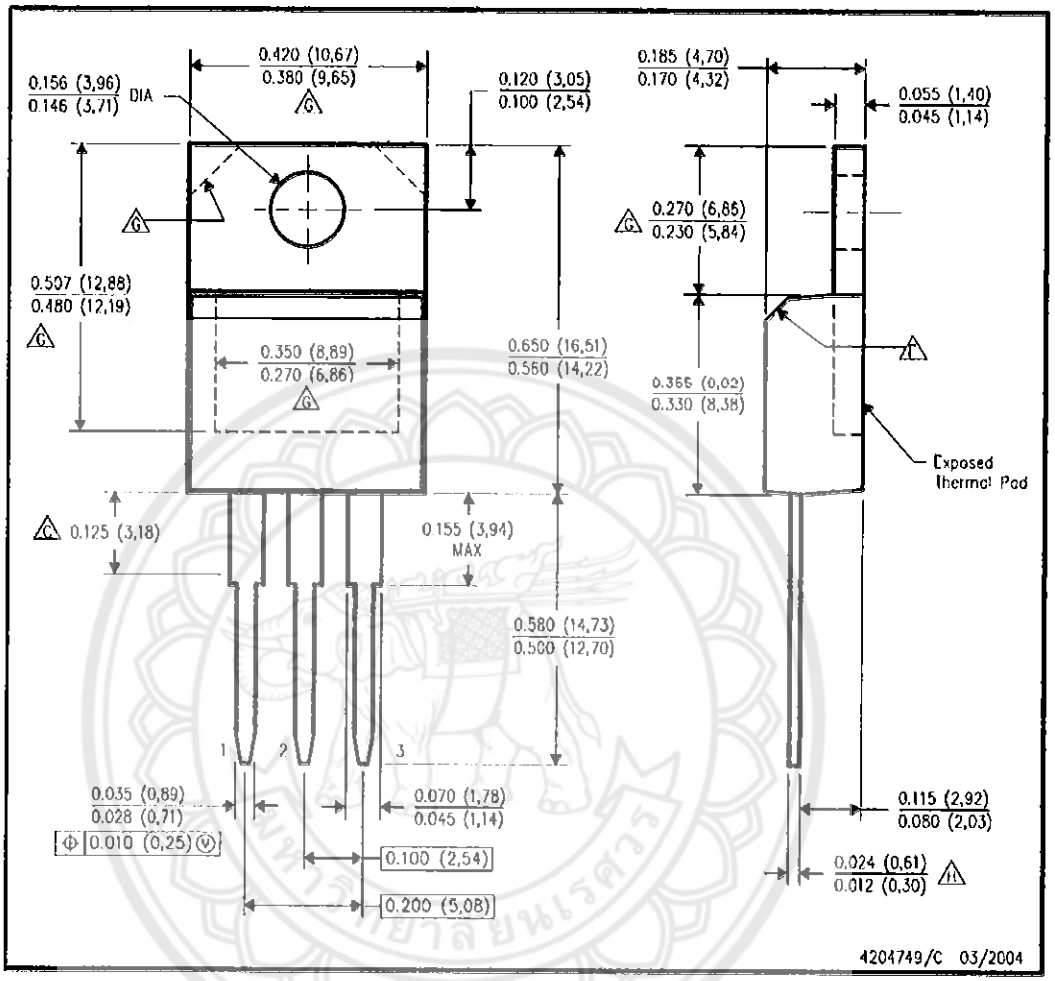
			MIN	MAX	UNIT
V_I	Input voltage	μA7805C	7	25	V
		μA7808C	10.5	25	
		μA7810C	12.5	28	
		μA7812C	14.5	30	
		μA7815C	17.5	30	
		μA7824C	27	38	
I_O	Output current			1.5	A
T_J	Operating virtual junction temperature	μA7800C series	0	125	°C

electrical characteristics at specified virtual junction temperature, V_I = 10 V, I_O = 500 mA (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	T_J†	μA7805C			UNIT
			MIN	TYP	MAX	
Output voltage	I_O = 5 mA to 1 A, V_I = 7 V to 20 V, $P_D \le 15$ W	25°C	4.8	5	5.2	V
		0°C to 125°C	4.75		5.25	
Input voltage regulation	V_I = 7 V to 25 V	25°C		3	100	mV
	V_I = 8 V to 12 V			1	50	
Ripple rejection	V_I = 8 V to 18 V, f = 120 Hz	0°C to 125°C	62	78		dB
Output voltage regulation	I_O = 5 mA to 1.5 A	25°C		15	100	mV
	I_O = 250 mA to 750 mA			5	50	
Output resistance	f = 1 kHz	0°C to 125°C		0.017		Ω
Temperature coefficient of output voltage	I_O = 5 mA	0°C to 125°C		−1.1		mV/°C
Output noise voltage	f = 10 Hz to 100 kHz	25°C		40		μV
Dropout voltage	I_O = 1 A	25°C		2		V
Bias current		25°C		4.2	8	mA
Bias current change	V_I = 7 V to 25 V	0°C to 125°C			1.3	mA
	I_O = 5 mA to 1 A				0.5	
Short-circuit output current		25°C		750		mA
Peak output current		25°C		2.2		A

† Pulse-testing techniques maintain the junction temperature as close to the ambient temperature as possible. Thermal effects must be taken into account separately. All characteristics are measured with a 0.33-μF capacitor across the input and a 0.1-μF capacitor across the output.

KCS (R–PSFM–T3) PLASTIC FLANGE–MOUNT PACKAGE

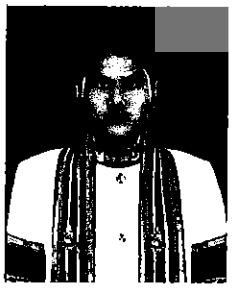


NOTES:
A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
B. This drawing is subject to change without notice.
C. Lead dimensions are not controlled within this area.
D. All lead dimensions apply before solder dip.
E. The center lead is in electrical contact with the mounting tab.
F. The chamfer is optional.
G. Thermal pad contour optional within these dimensions.
H. Falls within JEDEC TO-220 variation AB, except minimum lead thickness.

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

ชื่อ นายชฎิลพงษ์ บุญนุ่ม
ภูมิลำเนา 203 หมู่ 11 ต.หล่มเก่า อ.หล่มเก่า จ. เพชรบูรณ์
ประวัติการศึกษา
- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนหล่มเก่าพิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร
E-mail: **chadin_18011@hotmail.com**

ชื่อ นายภาณุพงษ์ พิมพ์โนนทอง
ภูมิลำเนา 181 ม.2 ต.ทุ่งลุยลาย อ.คอนสาร จ.ชัยภูมิ
ประวัติการศึกษา
- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนคอนสารวิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร
E-mail: **ipomlovely@gmail.com**



ชื่อ นายอาริยะ ทิพย์อุทัย
ภูมิลำเนา 162 ม.8 ต.โพน อ.คำม่วง จ.กาฬสินธุ์
ประวัติการศึกษา
- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนแก่นนครวิทยาลัย
- ปัจจุบันกำลังศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร
E-mail: **pakky.perspective@gmail.com**