เครื่องช่วยหัดเดินสำหรับผู้ป่วย

The Patient Assistant Walker

นายพงศ์พิสุทธิ์ จอมวุฒิ รหัส 53363140

นายสุทธิพงษ์ ซาซง รหัส 53363157

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 20 ก.ค. 2558
เลขทะเบียน 1686901
เลขเรียกหนังสือ ปร
มหาวิทยาลัยนเรศวร พ133 ก 2556

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2556

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	เครื่องช่วยหัดเดินสำหรับผู้ป่วย
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายพงศ์พิสุทธิ์ จอมวุฒิ รหัส 53363140
	นายสุทธิพงษ์ ซาซง รหัส 53363157
ที่ปรึกษาโครงงาน	ดร.มุฑิตา สงฆ์จันทร์
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2556

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(ดร.มุฑิตา สงฆ์จันทร์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย)

.....กรรมการ

(ดร.ปิยดนัย ภาชนะพรรณ์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	เครื่องช่วยหัดเดินสำหรับผู้ป่วย
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายพงศ์พิสุทธิ์ จอมวุฒิ รหัส 53363140
	นายสุทธิพงษ์ ซาซง รหัส 53363157
ที่ปรึกษาโครงงาน	ดร.มุฑิตา สงฆ์จันทร์
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2556

.....

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ นำเสนอการสร้างเครื่องช่วยหัดเดินเพื่อช่วยเหลือผู้ป่วยให้มีความสะดวกในการทำกายภาพบำบัด โดยการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์ในการควบคุมการทำงานของเครื่องช่วยหัดเดิน ซึ่งมีหลักการในการทำงาน คือ เครื่องช่วยหัดเดินสามารถปรับความเร็วได้ 3 ระดับ แสดงเวลาในการทำงานของเครื่องช่วยหัดเดินในแต่ละครั้ง สามารถวัดระยะทางในการเดินเครื่องแต่ละครั้ง และมีปุ่มควบคุมทิศทางอยู่ตรงแขนจับทั้งสองข้างเพื่อสะดวกต่อการเลี้ยวซ้ายเลี้ยวขวาของผู้ป่วยในการช่วยเหลือตัวเองต่อการทำกายภาพบำบัด จากการทดลองเครื่องช่วยหัดเดินมีข้อดีคือ ช่วยในการอำนวยความสะดวกในการทำกายภาพบำบัดได้ดีขึ้นโดยไม่ต้องออกแรงในการยกอุปกรณ์ในการทำกายภาพบำบัด สามารถปรับระดับความเร็ว วัดระยะทางและนับเวลาในการทำกายภาพบำบัดในแต่ละครั้งได้ ข้อเสียของเครื่องช่วยหัดเดินคือ ใช้งานได้ในเฉพาะพื้นที่ที่มีผิวเรียบใช้ในพื้นที่ที่มีผิวขรุขระไม่ได้และเครื่องช่วยหัดเดินมีความเบี่ยงเบนในการใช้งาน

Project title	The Patient Assistant Walker.
Name	Mr. Pongphisut jomwut ID. 53363140
	Mr. Sutipong Sasong ID. 53363157
Project advisor	Ms. Mutita Songjun, Ph.D.
Major	Electrical Engineering
Department	Electrical and Computer Engineering
Academic year	2013

.....

Abstract

This dissertation present about How to build the Gait Training helping for patient. The will make comfortably of physical therapy. The has Microcontrollers which is the control equipment of. The principle of working It can adjust speed for 3 level. It shows the time of operating. It can measure the distance. It has the direction control node at the both arms. This node helps comfortably patients to turn left or turn right.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก ดร.มุทิตา สงฆ์จันทร์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานและให้ความกรุณาในการตรวจทานปริญญานิพนธ์ผู้ดำเนินโครงงานขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงและขอระลึกถึงความกรุณาของท่านตลอดไป

ขอขอบพระคุณผศ.ดร.ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย และดร.ปิยดนัย ภาชนะพรรณ์ ซึ่งเป็นคณะกรรมการในการสอบโครงงานที่ให้คำแนะนำ ชี้แนะแนวทาง และข้อคิดเห็นต่างๆที่เป็นประโยชน์ในโครงงานนี้ ทำให้โครงงานนี้ออกมาสมบูรณ์แบบยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ต่างๆตลอดระยะเวลาของการศึกษาเล่าเรียน ซึ่งเป็นความรู้ที่สามารถนำไปใช้ในการทำโครงงานนี้และยังสามารถนำไปใช้ในการประกอบอาชีพในอนาคต

เหนือสิ่งอื่นใด คณะผู้ดำเนินโครงงานขอกราบขอบพระคุณของบิดามารดา ผู้มอบความรักความเมตตากรุณา และเป็นกำลังใจให้เสมอมา รวมทั้งเป็นผู้ให้ทุกสิ่งทุกอย่างตั้งแต่วัยเยาว์จวบจนปัจจุบัน คอยเป็นกำลังใจให้ได้รับความสำเร็จอย่างทุกวันนี้ และขอขอบคุณทุกๆคนในครอบครัวของคณะผู้ดำเนินโครงงานที่ไม่ได้กล่าวไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นายพงศ์พิสุทธิ์ จอมวุฒิ
นายสุทธิพงษ์ ซาซง

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 1
1.3 ขอบข่ายของงาน 1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
1.6 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงการ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 การฝึกเดินของผู้ป่วย 4
2.1.1 การฝึกการทรงท่าและการฝึกการทรงตัว 4
2.1.2 ลักษณะของการเดิน 5
2.1.3 วิธีการเดินด้วยเครื่องช่วยเดินหลังจาการผ่าตัด 5
2.1.4 การฟื้นฟูผู้ป่วยอัมพาตครึ่งซีกในระยะแรก 6
2.1.5 การทำกายภาพบำบัดผู้ป่วยอัมพาตครึ่งซีกเบื้องต้นในระยะอ่อนแรง 6
2.1.6 การทำกายภาพบำบัดหลังระยะอ่อนแรงหรือเริ่มฟื้นตัว 6
2.1.7 การดูแลรักษาอาการบาดเจ็บจากเอ็นเข่า 6
2.1.8 วิธีการแก้ปัญหาการเดินเข่าแอ่น 7

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.2 ส่วนประกอบของเครื่องช่วยหัดเดิน 8

2.2.1 อุปกรณ์ทางกล 8

2.2.2 อุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ 8

2.2.3 อุปกรณ์ควบคุมคอนโทรลเลอร์ 10

2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 11

2.3.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 11

2.3.2 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-5 12

2.3.3 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MSC – 51 13

2.3.4 ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ 16

2.4 มอเตอร์ไฟฟ้า 17

2.4.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและหลักการทำงาน 17

2.4.2 ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 18

2.4.3 การควบคุมความเร็วมอเตอร์ 19

2.4.4 การกลับทิศทางการหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 20

2.4.5 การควบคุมตำแหน่งของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 21

2.4.6 การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของมอเตอร์กระแสตรงและมอเตอร์กระแสสลับ 24

2.5 อุปกรณ์แสดงผล 25

2.5.1 ตัวแสดงผลเจ็ดส่วน 25

2.5.2 การใช้ตัวแสดงผลเจ็ดส่วนหลายตัว 26

2.6 รีเลย์ 27

2.6.1 หน้าที่และหลักการทำงานของรีเลย์ 27

2.6.2 รีเลย์แบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 ประเภท 28

2.7 แบตเตอรี่ 29

บทที่ 3 การออกแบบและสร้างเครื่องช่วยหัดเดิน 30

3.1 ขั้นตอนในการทำงานของเครื่องช่วยหัดเดิน 30

3.2 การออกแบบโครงสร้างเครื่องช่วยหัดเดิน 31

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.2.1 วัสดุอุปกรณ์ในการทำเครื่องช่วยหัดเดิน 33

3.3 ส่วนควบคุมการทำงานของเครื่องช่วยหัดเดิน 34

3.3.1 วงจรนับเวลา 34

3.3.2 วงจรวัดระยะทาง 35

3.3.3 วงจรแปลงไฟกระแสตรง 5 โวลต์ 36

3.3.4 วงจรขับมอเตอร์ 37

บทที่ 4 ผลการทดลอง 38

4.1 ทดลองความสามารถในการปรับระดับความเร็ว 3 ระดับ ในระยะทาง 10 เมตร 38

4.2 ทดลองความสามารถในการวัดระยะทาง 10 เมตร 40

4.3 ทดลองวงจรนับเวลาของเครื่องช่วยหัดเดิน 42

4.4 ทดสอบความเบี่ยงเบนในการเดินของเครื่องช่วยหัดเดินในระยะทาง 10 เมตร 44

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 51

5.1 สรุปผลการทดลองการทำงานของเครื่องช่วยหัดเดิน 51

5.2 ปัญหาและการแก้ไข 52

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา 53

เอกสารอ้างอิง 54

ภาคผนวก ก 56

ภาคผนวก ข 64

ภาคผนวก ค 70

ภาคผนวก ง 73

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 79

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 แผนการปฏิบัติงาน 2
2.1 ตารางแสดงผลตัวเลขที่นำมาทำเป็นเลขฐานสิบหก 26
4.1 แสดงผลการทดลองความสามารถในการปรับระดับความเร็ว 3 ระดับ ในระยะทาง 10 เมตร .. 39
4.2 แสดงผลการทดสอบความสามารถในการวัดระยะทาง 10 เมตร 41
4.3 แสดงผลการทดลองความสามารถในการนับเวลา 43
4.4 แสดงผลในการทดสอบความเบี่ยงเบนในการเดินของเครื่องช่วยหัดเดิน ในระยะทาง 10 เมตร (เคลื่อนที่เองโดยไม่มีคนจับ) โดยใช้ความระดับที่ 1 45
4.5 แสดงผลในการทดสอบความเบี่ยงเบนในการเดินของเครื่องช่วยหัดเดิน ในระยะทาง 10 เมตร (เคลื่อนที่เองโดยไม่มีคนจับ) โดยใช้ความระดับที่ 2 47
4.6 แสดงผลในการทดสอบความเบี่ยงเบนในการเดินของเครื่องช่วยหัดเดิน ในระยะทาง 10 เมตร (เคลื่อนที่เองโดยไม่มีคนจับ) โดยใช้ความระดับที่ 3 49

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 แสดงการเดินเข่าไม่แอ่น 7

2.2 แสดงการเดินเข่าแอ่น 7

2.3 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ 12

2.4 แสดงรูปร่างและการจัดวางขาต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MSC – 51 13

2.5 แสดงการกลับทิศทางของมอเตอร์กระแสตรงโดยใช้รีเลย์ 20

2.6 แสดงการใช้ทรานซิสเตอร์เป็นวงจรขับและกำหนดทิศทางของมอเตอร์กระแสตรง 20

2.7 แสดงตัวเข้ารหัสแบบหมุน 21

2.8 การสร้างสัญญาณพัลส์ ของตัวเข้ารหัสแบบหมุน 22

2.9 พัลส์ของตัวเข้ารหัสแบบหมุนแบบสองเฟส 22

2.10 การตรวจเช็คสัญญาณพัลส์ของตัวเข้ารหัสแบบหมุน 23

2.11 ลักษณะสัญญาณพัลส์ของตัวเข้ารหัสแบบหมุนทั้งสองเฟส 23

2.12 แสดงตำแหน่งส่วนแสดงผล A- G และสัญลักษณ์ตัวแสดงผลเจ็ดส่วน 25

2.13 การต่อตัวแสดงผลเจ็ดส่วนหลายตัว 27

2.14 แสดงหลักการทำงานเบื้องต้นของรีเลย์ 28

2.15 สัญลักษณ์แบบตัวเหนี่ยวนำพันแกนเหล็กและสัญลักษณ์แบบลวดพัน 28

3.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงานของเครื่องช่วยหัดเดิน 30

3.2 แสดงโครงสร้างเครื่องช่วยหัดเดิน 32

3.3 แสดงโครงสร้างเครื่องช่วยหัดเดินที่สร้างขึ้น 32

3.4 หน้าจอแสดงผลของเครื่องช่วยหัดเดิน 33

3.5 แสดงวงจรนับเวลา 34

3.6 แสดงวงจรวัดระยะทาง 35

3.7 วงจรแปลงไฟกระแสตรง 5 โวลต์ 36

3.8 วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ 37

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.1 แสดงค่าเวลาในความเร็วระดับที่ 1 38
4.2 แสดงค่าเวลาในความเร็วระดับที่ 2 38
4.3 แสดงค่าเวลาในความเร็วระดับที่ 3 39
4.4 แสดงผลในการวัดระยะทาง 10 เมตร ของเครื่องช่วยหัดเดิน โดยใช้ความระดับที่ 1 40
4.5 แสดงผลที่วัดจากตลับเมตรในระยะทาง 10 เมตร 41
4.6 แสดงผลการจับเวลาเทียบกับโทรศัพท์มือถือ 42
4.7 แสดงเส้นทางในการเดินเครื่องช่วยหัดเดิน 44
4.8 แสดงค่าความเบี่ยงเบนของเครื่องช่วยหัดเดิน (เคลื่อนที่เองโดยไม่มีคนจับ)
โดยใช้ความระดับที่ 1 45
4.9 แสดงการหามุมความเบี่ยงเบนของเครื่องช่วยหัดเดิน (เคลื่อนที่เองโดยไม่มีคนจับ)
โดยใช้ความระดับที่ 1 46
4.10 แสดงค่าความเบี่ยงเบนของเครื่องช่วยหัดเดิน (เคลื่อนที่เองโดยไม่มีคนจับ)
โดยใช้ความระดับที่ 2 47
4.11 แสดงการหามุมความเบี่ยงเบนของเครื่องช่วยหัดเดิน (เคลื่อนที่เองโดยไม่มีคนจับ)
โดยใช้ความระดับที่ 2 48
4.12 แสดงค่าความเบี่ยงเบนของเครื่องช่วยหัดเดิน (เคลื่อนที่เองโดยไม่มีคนจับ)
โดยใช้ความระดับที่ 3 49
4.13 แสดงการหามุมความเบี่ยงเบนของเครื่องช่วยหัดเดิน (เคลื่อนที่เองโดยไม่มีคนจับ)
โดยใช้ความระดับที่ 1 โดยใช้ความระดับที่ 3 50

บทที่1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

เนื่องจากในปัจจุบันนี้มีผู้ป่วยและผู้สูงอายุที่ต้องรักษาทางด้านกายภาพบำบัดนั้นมีจำนวนเพิ่มขึ้นในแต่ละปีโดยเฉพาะทางด้านกายภาพบำบัดทางด้านการเดิน อุปกรณ์ที่ช่วยในการฝึกเดินของผู้ป่วยและผู้สูงอายุที่ช่วยในการทำกายภาพบำบัดนั้นเป็นอุปกรณ์ที่ค่อนข้างจะไม่สะดวกเพราะจะต้องใช้กำลังแขนในการช่วยพยุงหรือยกอุปกรณ์ไปข้างหน้าเพื่อให้สามารถที่จะเดินต่อไปได้ แต่ถ้าระหว่างทำการยกอุปกรณ์แล้วเกิดกล้ามเนื้อแขนหมดแรงอาจจะทำให้ล้มหรือเป็นอันตรายอย่างอื่นได้ ดังนั้นจึงได้มีการคิดที่จะประดิษฐ์อุปกรณ์ที่จะช่วยในการอำนวยความสะดวกในการฝึกเดินของผู้ป่วยและผู้สูงอายุที่มีความสะดวกเพิ่มมากขึ้น โดยใช้ล้อเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยในการเคลื่อนที่ ทำให้ผู้ป่วยหรือผู้สูงอายุสามารถช่วยเหลือตัวเองได้

ดังนั้นจึงจัดทำโครงงานนี้โดยได้คิดค้นและทำการออกแบบสร้างเครื่องช่วยหัดเดินสำหรับผู้ป่วยและผู้สูงอายุ เพื่อเป็นต้นแบบต่อการค้นคว้าตลอดจนสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในด้านการแพทย์ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

สร้างเครื่องช่วยหัดเดินสำหรับผู้สูงอายุที่ไม่สามารถเดินเองได้สะดวกและผู้ป่วยที่ต้องการรักษาทางกายภาพบำบัดเกี่ยวกับการเดินโดยเครื่องช่วยหัดเดินจะควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

1.3 ขอบข่ายของงาน

1. เครื่องช่วยหัดเดินจะใช้ล้อทั้งหมด 4 ล้อในการเคลื่อนที่
2. เครื่องช่วยหัดเดินสามารถปรับความเร็วในการเคลื่อนที่ได้ 3 ระดับ
3. เครื่องช่วยหัดเดินสามารถวัดระยะทางในการเดินได้
4. เครื่องช่วยหัดเดินสามารถจับเวลาในการเดินเครื่องได้
5. เครื่องช่วยหัดเดินใช้ได้ในบริเวณพื้นที่ที่มีผิวเรียบๆหรือบริเวณพื้นผิวที่ไม่ขรุขระ
6. เครื่องช่วยหัดเดินไม่สามารถกันน้ำได้

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการปฏิบัติงาน

รายละเอียด	เดือน / พ.ศ.2556							
	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.
1.ศึกษาและค้นคว้าทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง								
2.ออกแบบและสร้างเครื่องช่วยเดิน								
3.ออกแบบลายวงจรและต่อวงจร-ไมโครคอนโทรเลอร์								
4. เขียนโปรแกรมในการควบคุมระบบ								
5.ทดสอบอุปกรณ์เครื่องช่วยเดิน								
6.วิเคราะห์ผลการทดลอง								
7.สรุปและจัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์								

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เครื่องช่วยหัดเดินสำหรับผู้ป่วยและผู้สูงอายุ

2. สามารถนำเครื่องช่วยหัดเดินไปใช้ได้กับผู้ป่วยและผู้สูงอายุที่ไม่สามารถเดินได้สะดวก

3. สามารถนำเครื่องช่วยหัดเดินไปใช้กายภาพบำบัดให้กับผู้ป่วยได้จริง

4. สามารถนำความรู้ที่ได้จากการสร้างเครื่องช่วยหัดเดินไปประยุกต์ใช้กับงานทางกายภาพบัดอื่นๆได้

1.6 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงการ

มีรายละเอียดดังนี้

1. วัสดุสำหรับทำโครงสร้างเครื่องช่วยหัดเดิน	1,000	บาท
2. วัสดุไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์	4,500	บาท
3. จัดทำเล่มปริญญานิพนธ์	800	บาท
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น(หกพันสามร้อยบาท)	6,300	บาท

หมายเหตุ: ถัวเฉลี่ยทุกรายการ

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะเป็นการอธิบายถึงหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของเครื่องช่วยหัดเดิน ซึ่งองค์ประกอบในเครื่องช่วยหัดเดินนั้นเป็นการนำเอาความรู้ทางด้านเทคโนโลยีในด้านต่างๆ มาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ ซึ่งเทคโนโลยีที่นำมาใช้กับเครื่องช่วยหัดเดินมีหน้าที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการนำมาใช้งาน

2.1 การฝึกเดินของผู้ป่วย

จะต้องฝึกให้ผู้ป่วยมีท่าเดินที่เป็นปกติให้มากที่สุด ท่าเดินที่ผิดปกติ เช่น การเดินเข่าแอ่น การเหวี่ยงกางขาไปด้านข้าง การเดินเอียงไปด้านที่แข็งแรง สิ่งเหล่านี้ถ้าหากไม่ทำการแก้ไขจะทำให้เกิดปัญหาติดตามมา เช่น เข่าเจ็บ เข่าเสื่อมเร็วกว่าที่ควร อาการเกร็งของแขนและขาเพิ่มขึ้น ทำให้จำกัดการเคลื่อนไหว การเดินเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนเพราะระบบประสาทต้องควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อนับร้อยมัดการฝึกฝนให้สามารถเดินได้เองอย่างเป็นอิสระปลอดภัย จะต้องใช้เวลาในการฝึกฝน และการเรียนรู้ การเดินไม่ได้เกิดขึ้นเองอย่าง จะต้องฝึกฝนให้ถูกต้องตั้งแต่เริ่มแรก การเร่งให้ผู้ป่วยเดินทั้งที่ยังไม่พร้อมหรือไม่แก้ไขรูปแบบของการเดินจะทำให้เกิดปัญหาติดตามมาภายหลัง การฝึกเดินไม่ใช่การพาผู้ป่วยเดินเพียงเพื่อให้เดินได้เท่านั้น แต่จะต้องฝึกให้มีรูปแบบของการเดินที่ถูกต้องและความเร็วของการเดินนั้นควรมีความใกล้เคียงกับปกติให้มากที่สุด

2.1.1 การฝึกการทรงท่าและการฝึกการทรงตัว

การทรงท่าหรือการทรงตัว คือการจัดให้ร่างกายอยู่ในท่านั่ง ท่ายืน ท่าเดินที่ถูกต้อง และมีความสมดุลในท่านั้นการทรงท่าและการรักษาสมดุลจะเป็นรากฐานของการเคลื่อนไหว หากการทรงท่าไม่ถูกต้องและทรงตัวไม่ได้ ผู้ป่วยจะไม่สามารถเคลื่อนไหวแขนขาได้ตามที่ต้องการและเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุหกล้มได้ง่าย การฝึกนี้จะต้องรวมไปถึงการฝึกให้ร่างกายมีการตอบสนองที่ถูกต้อง เมื่อมีการสูญเสียการทรงตัวเพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงการหกล้ม

2.1.2 ลักษณะของการเดิน

การเดินแบ่งตามการลงน้ำหนักของขาข้างที่เจ็บป่วยได้เป็น 2 แบบ

2.1.2.1 การเดินแบบไม่ลงน้ำหนัก ตามปกติแล้วใช้ในกรณีที่ไม่ต้องการให้มีน้ำหนักลงตามแนวรอยโรคที่เกิดขึ้น เช่น กระดูกขาหักเข้าเฝือกไว้ในช่วงสองสัปดาห์แรก กระดูกขาหักโดยทำการยึดกระดูกโดยการผ่าตัดใส่เครื่องยึดที่เป็นโลหะภายหลังจากการจัดกระดูกเข้าที่แล้วในช่วงหนึ่งสัปดาห์แรก

2.1.2.2 การเดินแบบลงน้ำหนักบางส่วน ใช้ในกรณีที่รอยโรคที่เกิดขึ้นพอรับน้ำหนักได้บ้างแล้ว เช่น กระดูกขาหักโดยทำการยึดกระดูกโดยการผ่าตัดใส่เครื่องยึดที่เป็นโลหะภายหลังจากการจัดกระดูกเข้าที่แล้วสัปดาห์ที่สองเป็นต้นไป กระดูกขาหักเข้าไว้สองสัปดาห์ ส่วนบางกรณีที่การผ่าตัดมีความแข็งแรงมั่นคงมาก เช่น การผ่าตัดกระดูกส่วนคอกระดูกต้นขาที่มีการใส่หัวกระดูกเทียมและแกนกลางกระดูกโดยยึดไว้ด้วยซีเมนต์ (cement) สามารถเดินแบบลงน้ำหนักเต็มที่ได้เลยตั้งแต่วันแรก

2.1.3 วิธีการเดินด้วยเครื่องช่วยเดินหลังจาการผ่าตัด

ยืนตัวให้ตรงตามสบายๆ โดยที่ทิ้งน้ำหนักให้มีความสมดุลกับเครื่องช่วยเดินแล้วขยับเครื่องช่วยเดินไปข้างหน้าแล้วเคลื่อนตัวตาม โดยยกขาข้างที่ทำการผ่าตัดและวางส้นเท้าลงก่อน ขณะที่ขยับไปข้างหน้าเข่าและข้อเท้าจะงอ สุดท้ายเท้าทั้งสองข้างวางคู่กันบนพื้น เมื่อก้าวโดยสมบรูณ์สามารถยกหัวแม่เท้าขึ้นจากพื้น เมื่อขยับเครื่องช่วยเดินไปข้างหน้าเข่าและสะโพกจะยื่นไปข้างหน้าเพื่อจะก้าวเท้าต่อไปพยายามเดินให้เรียบที่สุดเท่าที่จะทำได้โดยไม่ต้องรีบ เมื่อกล้ามเนื้อแข็งแรงขึ้นก็จะสามารถเดินได้เร็วขึ้นเอง อีกทั้งยังสามารถลงน้ำหนักได้มากขึ้นเรื่อยๆเป็นลำดับ

การเดินในช่วงเริ่มต้นควรใช้ความเร็วในระดับที่ 1 ให้เดินประมาณ 5-10 นาที ประมาณ 3-4 ครั้งต่อวัน เมื่อมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้นแล้วสามารถเดินเพิ่มขึ้นได้ให้ใช้ความเร็วในระดับที่ 2 ให้เดินประมาณ 20-30 นาที ประมาณ 2-3 ครั้งต่อวัน และเมื่อกล้ามเนื้อมีการฟื้นตัวเต็มที่แล้วให้ใช้ความเร็วในระดับที่ 3 เพื่อสามารถเดินได้ 20-30 นาที ประมาณ 3-4 ครั้งต่อสัปดาห์จะช่วยให้คงความแข็งแรง [20]

2.1.4 การฟื้นฟูผู้ป่วยอัมพาตครึ่งซีกในระยะแรก

เป้าหมายที่สำคัญอย่างหนึ่งในการฟื้นฟูสภาพในผู้ป่วยที่เป็นอัมพาตครึ่งซีกคือ การปรับปรุงการเดิน ซึ่งผู้ป่วยที่เป็นอัมพาตครึ่งซีกจะมีความเร็วในการเดินลดลงมีค่าอยู่ในช่วง 0.2-0.7 เมตรต่อวินาที ความเร็วของการเดินในคนปกติโดยเฉลี่ยมีค่าประมาณ 1.2 เมตรต่อวินาที จากการศึกษาที่ผ่านมาได้ให้ข้อเสนอแนะที่ว่าความเร็วที่มีค่าเหมาะสมสำหรับที่ใช้ในการทำกิจวัตรประจำวันมีค่าอยู่ในช่วง 1.1-1.5 เมตรต่อวินาที [26]

2.1.5 การทำกายภาพบำบัดผู้ป่วยอัมพาตครึ่งซีกเบื้องต้นในระยะอ่อนแรง

1. การเคลื่อนไหวข้อให้ผู้ป่วยควรทำช้าๆ

2. ควรทำการเคลื่อนไหวให้สุดองศาของการเคลื่อนไหวที่ปกติ แต่ควรระวังในรายที่มีการดามเหล็กอยู่ภายในข้อ ภายในกระดูก ต้องไม่ทำเกินกว่าที่ผู้ป่วยทำได้

3. ขณะทำการเคลื่อนไหวข้อ ถ้าผู้ป่วยปวด หรือ พบปัญหาอย่างอื่นตามมา ควรหยุดและปรึกษาแพทย์หรือนักกายภาพบำบัด

2.1.6 การทำกายภาพบำบัดหลังระยะอ่อนแรงหรือเริ่มฟื้นตัว

หลังจากผู้ป่วยได้รับการทำกายภาพบำบัดในระยะอ่อนแรงเบื้องต้นแล้ว หลังจากนั้นผู้ป่วยจะเริ่มมีแรงเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ การฝึกก็จะต้องเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม โดยเบื้องต้นให้เคลื่อนไหวข้อเหมือนในระยะอ่อนแรง แต่ต่างกันตรงที่ต้องเพิ่มแรงต้านเพื่อให้มีการเคลื่อนไหวที่ปกติมากที่สุด ซึ่งต้องปรึกษานักกายภาพบำบัดต่อไป

2.1.7 การดูแลรักษาอาการบาดเจ็บจากเอ็นเข่า

ผู้ป่วยจะได้รับการพันเข่าด้วยสำลีหนาๆแล้วยึดด้วยผ้าลัดให้แน่นเพื่อไม่ให้บวม 3-4 วัน หลังจากนั้น ให้ผู้ป่วยเริ่มทำการบริหารหัวเข่าได้โดยจะแบ่งการรักษาเป็น 3 ระยะ

ระยะที่ 1 เริ่มต้นหรือกรณีเกิดการอักเสบ ไม่ให้ขยับให้ทำการประคบเย็นจนกว่าอาการจะดีขึ้น

ระยะที่ 2 ปวดเรื้อรังให้ทำการประคบร้อนและออกกำลังกายโดยการบริหาร

ระยะที่ 3 ฟื้นฟูสามารถเดินเองได้ปกติให้ประคบร้อนแล้วออกกำลังกายเบาอย่างเช่นเดิน

2.1.8 วิธีการแก้ปัญหาการเดินเข่าแอ่น

การเดินเข่าแอ่น หมายถึง การเดินโดยกดน้ำหนักลงบนฝ่าเท้า ในขณะที่หน้าแข้งทำมุมกับพื้นดินเกินกว่า 90 องศา ยิ่งทำมุมป้านมากเท่าไร ยิ่งแปลว่าเข่าแอ่นมากเท่านั้น เพราะน้ำหนักของร่างกายจะไม่ได้กดผ่านหัวเข้าลงบนกลางฝ่าเท้าตรงๆ แต่จะกดลงที่ส้นเท้าและหัวเข่าต้องแบกรับแรงกดในแนวเฉียงๆนี้ด้วย

รูปที่ 2.1 แสดงการเดินเข่าไม่แอ่น

รูปที่ 2.2 แสดงการเดินเข่าแอ่น

วิธีการแก้การเดินเข่าแอ่น

1. ยืนตัวตรง เข่าไม่แอ่น

2. สืบเท้าข้างที่ปกติออกไปข้างหน้าก่อน

3. กดน้ำหนักลงบนเท้าข้างที่ปกติ ยืดตัวขึ้น พร้อมกับเผยอส้นเท้าข้างที่อ่อนแรงให้พ้นจากพื้น หัวเข่าข้างที่อ่อนแรงจะงอไปด้วยตามธรรมชาติ

- ข้อสำคัญคือ จะต้องเผยอเฉพาะส้นเท้าเท่านั้น

- ปลายเท้าต้องแตะอยู่บนพื้นตลอดเวลา ห้ามยกปลายเท้าให้ลอยพ้นจากพื้นเด็ดขาด

4. สืบเข่าและปลายเท้าข้างที่อ่อนแรงไปข้างหน้า

- ปลายเท้าจะต้องแตะอยู่บนพื้นดินไปเรื่อยๆ ส่วนส้นเท้าก็ยังคงเผยออยู่เช่นเดิม

- ในจังหวะนี้ หากสังเกตดีๆ จะพบว่า หัวเข่าซีกอ่อนแรงจะเคลื่อนที่นำหน้าไปก่อนข้อเท้าซีกที่อ่อนแรง จากนั้นพอถึงตำแหน่งหนึ่ง หัวเข่าก็จะหยุด แต่ปลายเท้าอาจเคลื่อนต่อไปข้างหน้าได้อีกเล็กน้อย

- ผลที่เกิดขึ้นคือ หน้าแข้งจะทำมุมไม่เกิน 90 องศา คือ เข่าไม่แอ่นนั่นเอง

- ผู้ป่วยไม่จำเป็นต้องสนใจหรือเข้าใจเรื่องกลไกลมากนักก็ได้ เนื่องจากในการฝึกขั้นตอนนี้ เพียงต้องการฝึกให้ผู้ป่วยเรียนรู้จดจำลำดับการก้าวขา (ลากขา) ให้ถูกต้องก่อนเท่านั้น

5. วางส้นเท้าข้างที่อ่อนแรงลงบนพื้น พร้อมกับทิ้งน้ำหนักลงบนขาข้างที่อ่อนแรงให้น้ำหนักตกอยู่กลางฝ่าเท้า และเหยียดตัวขึ้น

6. สืบเท้าข้างที่ปกติออกไปข้างหน้า และฝึกเดินตามขั้นตอน 2-5 จนคุ้นเคย

2.2 ส่วนประกอบของเครื่องช่วยหัดเดิน

เครื่องช่วยหัดเดินแบ่งส่วนประกอบออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆดังนี้

1. อุปกรณ์ทางกล (Mechanic)
2. อุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic)
3. อุปกรณ์ควบคุมคอนโทรลเลอร์ (Controller)

2.2.1 อุปกรณ์ทางกล (Mechanic)

อุปกรณ์ทางกล หมายถึง ชิ้นส่วนกลไกต่างๆของเครื่องช่วยหัดเดิน เช่น โครงสร้าง

โครงสร้าง (Frame) เป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญมาก ทำหน้าที่ยึดจับอุปกรณ์ต่างๆภายในเครื่องช่วยหัดเดินเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหาย วัสดุส่วนใหญ่ที่นำมาใช้ทำโครงสร้าง เช่น เหล็ก อะลูมิเนียม และสแตนเลส เป็นต้น ซึ่งในการนำเอาวัสดุมาทำโครงสร้างนั้นต้องคำนึงถึงวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้งานอย่างเช่น โครงสร้างของเครื่องช่วยหัดเดินนั้นทำจากเหล็กเพราะมีความแข็งแรงต่อการรับน้ำหนัก

2.2.2 อุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic)

อุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ หมายถึง ทำน้าที่ในการควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้า การเปิด-ปิดวงจร การกำจัดกระแสและการแปลงพลังงานต่างๆให้กลายเป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งอุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์มีด้วยกันหลายประเภท หลายชนิดสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทได้แก่

2.2.2.1 อุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์แบบแพสซีฟ (Passive) หมายถึงอุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถทำงานได้โดยไม่ต้องอาศัยไฟเลี้ยง เช่น อุปกรณ์จำพวก ตัวต้านทาน (Resister) ตัวเก็บประจุ (Capacitor) ตัวเหนี่ยวนำ (Inductor) เป็นต้น

1. ตัวต้านทาน (Resister) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการต้านทานการไหลของกระแสไฟฟ้า ทำหน้าที่ในการลดแรงดันและจำกัดการไหลของกระแสไฟฟ้าภายในวงจร ตัวต้านทานมีรูปแบบและขนาดที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะของการใช้งาน

2. ตัวเก็บประจุ (Capacitor) เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า คอนเดนเซอร์ (C) มีหน่วยเป็นฟารัด (Farad) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บประจุ (Charge) และสามารถคายประจุ (Discharge) ได้โดยนำสารตัวนำ 2 ชิ้นมาวางในลักษณะขนานใกล้ๆกันแต่ไม่ได้ติดกันระหว่างตัวนำทั้งสองจะถูกกั้นด้วยฉนวนที่เรียกว่า ไดอิเล็กตริก

3. ตัวเหนี่ยวนำ (Inductor) เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า อินดักเตอร์ (L) มีหน่วยเป็น เฮนรี่ (Henry) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเหนี่ยวนำไฟฟ้า โดยอาศัยหลักการของสนามแม่เหล็กตัดผ่านขดลวดจะทำให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าในขดลวดและจะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำขึ้น

2.2.2.2 อุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์แบบแอ็คทีฟ (Active) หมายถึงอุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ที่ต้องอาศัยไฟเลี้ยงถึงจะทำงานส่วนใหญ่จะเป็นอุปกรณ์จำพวกสารกึ่งตัวนำ เช่น ทรานซิสเตอร์ (Transistor) ไดโอด (Diode) ชุดขับมอเตอร์ (Motor driver) อุปกรณ์แสดงผล (output device) แบตเตอรี่ (Battery)

1. ทรานซิสเตอร์ (Transistor) เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่สามารถทำหน้าที่ขยายสัญญาณไฟฟ้าทรานซิสเตอร์จะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือทรานซิสเตอร์แบบเอ็นพีเอ็น และทรานซิสเตอร์แบบพีเอ็นพี

2. ไดโอด (Diode) เป็นอุปกรณ์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ พี–เอ็น สามารถควบคุมให้กระแสไฟฟ้าจากภายนอกไหลผ่านตัวมันได้ทิศทางเดียว ไดโอดประกอบด้วยขั้ว 2 ขั้ว คือ แอโนด (Anode; A) ซึ่งต่ออยู่กับสารกึ่งตัวนำชนิด พี และ แคโทด (Cathode; K) ซึ่งต่ออยู่กับสารกึ่งตัวนำชนิด เอ็น

3. ชุดขับมอเตอร์ (Motor driver) เป็นอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ปรับเปลี่ยนความเร็วรอบให้เหมาะสมกับสภาวะของโหลด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของมอเตอร์ในกระบวนการต่างๆ ส่วนทิศทางการหมุนของมอเตอร์นั้นจะขึ้นอยู่กับขั้วของแหล่งจ่าย

4. อุปกรณ์แสดงผล (output device) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการแสดงค่าสถานะต่างๆของเครื่องช่วยหัดเดิน เช่น จอภาพที่ใช้ในการแสดงเวลาและแสดงการนับระยะทางในขณะที่เครื่องช่วยหัดเดินทำงานหรือหลอดไฟที่ใช้ในการบอกสถานะได้เหมือนกัน

5. แบตเตอรี่ (Battery) เป็นอุปกรณ์ที่สามารถเปลี่ยนพลังงานเคมีที่เก็บไว้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้ ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญมากเพราะเป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ต่างๆภายในเครื่องช่วยหัดเดินให้มีการทำงาน

2.2.3 อุปกรณ์ควบคุมคอนโทรลเลอร์ (Controller)

อุปกรณ์ควบคุมคอนโทรลเลอร์ คือ สมองกลที่ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เช่น สมองกลที่ประดิษฐ์จากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ชนิดแผงวงจรสำเร็จรูป เครื่องควบคุมเชิงตรรกะที่สามารถโปรแกรมได้ และคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ในการควบคุมการทำงานที่ไม่มีเงื่อนไขการทำงานมากนัก สามารถใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์พื้นฐานแทนได้ เช่น ตัวต้านทาน (resistor) ตัวเก็บประจุ (capacitor) ทรานซิสเตอร์ (transistor) มาประกอบกันเป็นวงจรควบคุมการทำงานของสายพานลำเลียงได้

ในการทำงานที่มีเงื่อนไขการทำงานมากขึ้น เราจำเป็นต้องเพิ่มความสามารถให้กับสมองกล ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) จึงถูกคิดค้นขึ้นมาเพื่อแทนที่วงจรอิเล็กทรอนิกส์พื้นฐานที่กล่าวมาข้างต้น ไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขการทำงานได้ ด้วยการเปลี่ยนโปรแกรมลำดับการควบคุมบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ มีราคาไม่แพง ต้องการแหล่งจ่ายไฟต่ำ จึงเป็นที่นิยมใช้กันมากสำหรับการสร้างสมองกล ใช้อยู่ในคอมพิวเตอร์ชนิดแผงวงจรสำเร็จรูป คอมพิวเตอร์ชนิดแผงวงจรสำเร็จรูป เป็นเครื่องควบคุมที่มีการทำงานเหมือนกับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล เพียงแต่ทุกอย่างจะถูกย่อลงมาอยู่ในแผงวงจรเล็กๆเพียงแผงเดียว นิยมใช้ในงานที่มีเงื่อนไขในการทำงานมาก หรือ การควบคุมที่ซับซ้อน

2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เริ่มแรกได้ถูกพัฒนาขึ้นจากบริษัทอินเทล (Intel Corporation) และได้มีการนำไปใช้งานกันอย่างแพร่หลายตั้งแต่ปี 1980 ในช่วงเวลาที่ผ่านมาได้มีบริษัทผู้ผลิตหลายบริษัท เช่น Dallas, Philips ได้รับลิขสิทธิ์ในการผลิตและจำหน่ายจากบริษัทอินเทล และบริษัทต่างๆก็ได้พัฒนาความสามารถของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 รุ่นใหม่ๆ ให้มีความสามรถและมีความรวดเร็วเพิ่มขึ้นแต่ก็ยังคงโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิตที่มีอุปกรณ์สนับสนุนประกอบอยู่ภายในหลายอย่างได้แก่ หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม ตัวตั้งเวลา/ตัวนับ อุปกรณ์รับส่งข้อมูลแบบอนุกรม เนื่องจากโครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์มีอุปกรณ์สนับสนุนประกอบอยู่ภายในนี้เอง ทำให้การใช้งานง่ายขึ้นและมีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยไม่ต้องมีการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกเพิ่มเติมมากเหมือนกับตัวไมโครโปรเซสเซอร์ทั่วไป

2.3.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

สำหรับไมโครคอนโทรเลอร์ MCS-51 ที่ผู้ดำเนินโครงงานเลือกใช้นั้นเป็นรุ่น P89V51RD2 ที่เลือกใช้รุ่นนี้เนื่องจากเป็นรุ่นที่สามารถรองรับการดาวน์โหลดโปรแกรมแบบ ISP (In System Programming) ผ่านพอร์ตอนุกรมได้โดยตรง ไม่ต้องอาศัยอุปกรณ์ หรือวงจรเพิ่มเติมในการดาวน์โหลดโปรแกรม จึงทำให้สามารถใช้งานได้สะดวก รวมถึงราคาของ P89V51RD2 มีราคาที่ไม่แพงเมื่อเทียบกับความสามารถและประสิทธิภาพ ซึ่งมีคุณสมบัติ ดังนี้

1.เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต

2.มีหน่วยความจำภายในแบบแฟลชขนาด 4 กิโลไบต์ หรือ 8 กิโลไบต์

3. สามารถเขียนและลบได้เป็นพันครั้ง

4. มีสายสัญญาณสำหรับอินพุตหรือเอาท์พุตได้ 32 เส้น (แบบ 2 ทิศทาง)

5. มีหน่วยความจำชั่วคราว (RAM) ภายในขนาด 128 กิโลไบต์ หรือ 256 กิโลไบต์

6. ใช้ความถี่สัญญาณนาฬิกาตั้งแต่ 0 เฮิรตซ์ จนถึง 24 เมกกะเฮิรตซ์

7. มีวงจรตั้งเวลาและนับเวลาขนาด 16 บิต จำนวน 2 ชุด หรือ 3 ชุด

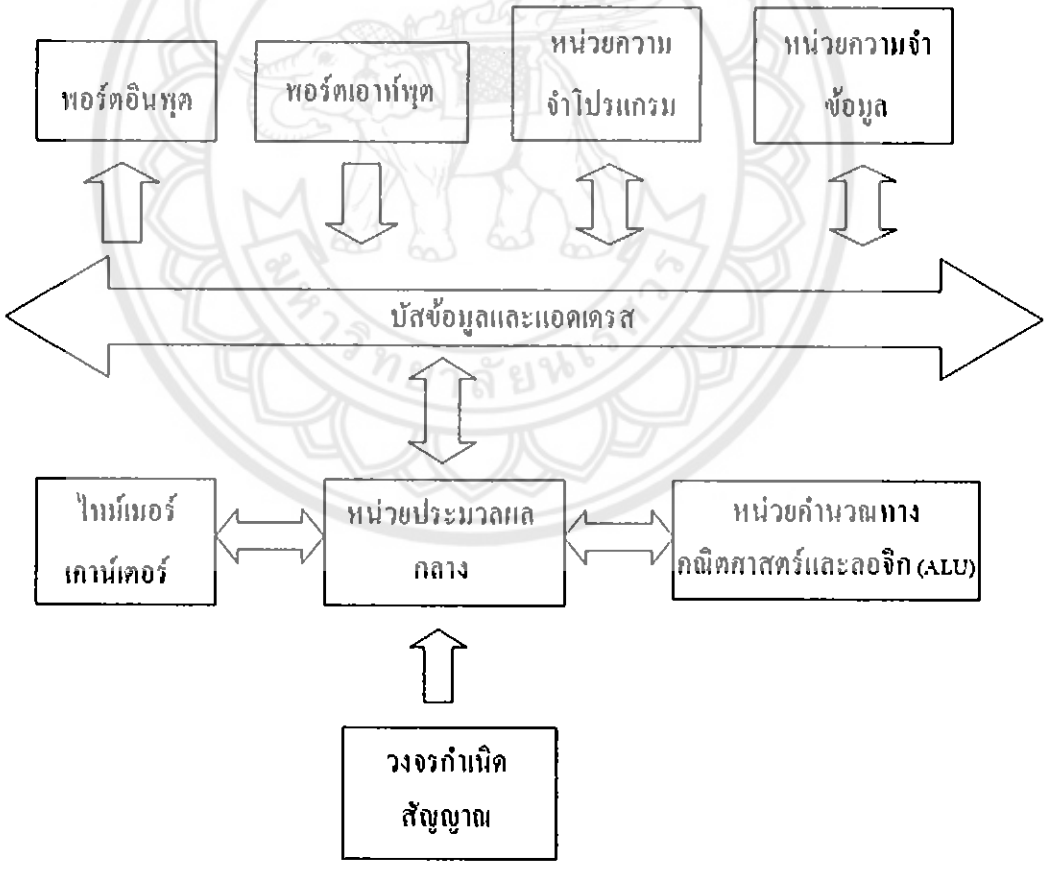
8. มีวงจรรับสัญญาณอินเตอร์รัพต์ได้ไม่ต่ำกว่า 6 ชนิด

9. สามารถต่อขยายหน่วยความจำภายนอกได้สูงสุด 64 กิโลไบต์

10. มีวงจรสื่อสาร 2 ทางเต็มอัตรา (full duplex)

2.3.2 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

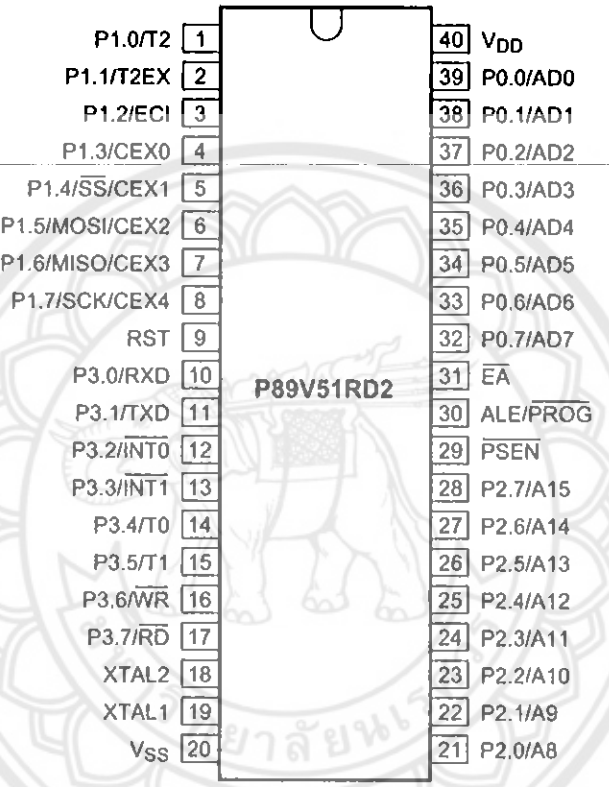
โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้ ส่วนของหน่วยความจำภายในสำหรับเก็บข้อมูลขนาด 128 ไบต์ ส่วนของหน่วยความจำภายในสำหรับเก็บโปรแกรมที่มีขนาด 4 กิโลไบต์ อุปกรณ์ควบคุมการอินเตอร์รัพท์ ตัวตั้งเวลาและตัวนับเวลาขนาด 16 บิต 2 ชุด พอร์ตควบคุมการสื่อสารอนุกรมแบบสื่อสารสองทางเต็มอัตราซึ่งสามารถรับส่งข้อมูลพร้อมกันได้ พอร์ตขนานสำหรับต่อกับอุปกรณ์ภายนอกจำนวน 4 พอร์ต พอร์ตละ 8 บิต วงจรผลิตสัญญาณนาฬิกาภายใน [24]



รูปที่ 2.3 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์

2.3.3 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MSC – 51

ตามมาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะมีพอร์ตขนาน 8 บิต อยู่ 4 พอร์ต คือ พอร์ต 0 พอร์ต 1 พอร์ต 2 และพอร์ต 3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทุกเบอร์จะมีสถาปัตยกรรมและขาใช้งานพื้นฐานเหมือนกัน โดยมีรายละเอียดดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงรูปร่างและการจัดวางขาต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MSC – 51

2.3.3.1 รายละเอียดการทำงานแต่ละขาของไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข P89V51RD2

1. ขา Vcc ใช้สำหรับต่อไฟเลี้ยง +5V

2. ขา GND เป็นขาสำหรับต่อกับกราวด์ของระบบ

3. ขาพอร์ต 0 (P0.0 - P0.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถกำหนดได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วยส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูงสามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์ต่ำของหน่วยความจำภายนอก (A0 - A7) และขาข้อมูล (D0 - D7) โดยใช้กระบวนการมัลติเพล็กซ์เข้าช่วยเพื่อสลับการทำงานเป็นได้ทั้งขาติดต่อแอดเดรสและขาข้อมูล

4. ขาพอร์ต 1 (P1.0 - P1.7) มี 8 ขา ทำหน้าที่เป็นสัญญาณควบคุมอุปกรณ์ภายนอกได้ 2 ทิศทาง สามารถเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาท์พุตมีขนาด 8 บิต สามารถอ้างถึงการทำงานได้ทีละบิตและวงจรภายในมีตัวต้านทานเพิ่มกระแสไฟฟ้าในกรณีที่ต้องการให้รับข้อมูลอินพุตก็สามารถทำได้เหมือนพอร์ต 0

5. ขาพอร์ต 2 (P2.0 - P2.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถกำหนดได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูงสามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์สูง ของหน่วยความจำภายนอก (A8 - A15)

6. ขาพอร์ต 3 (P2.0 - P2.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็น ได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถกำหนดได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูงสามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ต 3 ยังเป็นขาที่ทีหน้าที่การใช้งานพิเศษดังมีรายละเอียดดังนี้คือ

P3.0 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา RXD

P3.1 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับส่งข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา TXD

P3.2 ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกหมายเลข 0 หรือขา INT0

P3.3 ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกหมายเลข 1 หรือขา INT1

P3.4 ใช้เป็นตัวควบคุมเวลาการทำงาน/ตัวช่วยนับ ตัวที่ 1 หรือขา T0

P3.5 ใช้เป็นตัวควบคุมเวลาการทำงาน/ตัวช่วยนับ ตัวที่ 2 หรือขา T1

P3.6 เป็นสัญญาณในการเขียนข้อมูลหน่วยความจำหรืออุปกรณ์ภายนอก หรือขา WR

P3.7 เป็นสัญญาณในการอ่านข้อมูลหน่วยความจำหรืออุปกรณ์ภายนอก หรือขา RD

7. ขารีเซต (Reset) เป็นขาที่ใช้ในการรีเซตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์โดยในการป้อนสัญญาณเพื่อรีเซตสถานะที่ขานี้ต้องอยู่ในระดับรีเซตอย่างน้อย 2 แมชชีนไซเคิล โดยที่วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกายังคงทำงานต่อเนื่องไปอย่างปกติ

8. ขา ALE/PROG (Address Latch Enable/Program pulse input) ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของสัญญาณ โดยการกำหนดตำแหน่งกับสัญญาณข้อมูลซึ่งใช้วิธีการเลือกเส้นทาง โดยปกติเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานจะส่งสัญญาณกำหนดตำแหน่งออกมาก่อน พร้อมกับสัญญาณให้ขา ALE ทำงาน เพื่อเลือกสัญญาณกำหนดตำแหน่ง (A0-A7) ผ่านไอซีที่ทำหน้าที่เลือกเส้นทาง ถ้าส่งสัญญาณข้อมูลออกมา ไอซีจะไม่ทำงานข้อมูลก็จะถูกส่งไปสายสัญญาณข้อมูล

9. ขา PSEN (Program Store Enable) เป็นขาที่ใช้ในการส่งสัญญาณเพื่อร้องขอการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วจะส่งสัญญาณออกมาที่ขานี้ 2 ครั้งโดยในแต่ละแมชชีนไซเคิล แต่ถ้าหากติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายในขานี้จะไม่มีการส่งสัญญาณใด ๆ ออกมา

10. ขา EA (External Access enable) ใช้สำหรับเลือกการติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมจากภายนอกหรือภายในของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ แต่ถ้าหากว่าขานี้เป็น "0" จะเป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก แต่ถ้าหากขานี้เป็น "1" เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MSC-51 แบบแฟลชต้องการแรงดันสำหรับการโปรแกรม +12V

11. ขา XTAL1 และ XTAL2 ทำหน้าที่สร้างสัญญาณนาฬิกาในการกำหนดจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

2.3.4 ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์

ภาษาที่ใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์แบ่งได้เช่นเดียวกับการเขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์คือ ภาษาเครื่อง ภาษาแอสเซมบลี และภาษาซี

2.3.4.1 ภาษาเครื่อง เป็นภาษาระดับต่ำสุดประกอบไปด้วยรหัสเลขฐานสอง คือ 0 กับ 1 เท่านั้น ซึ่งเป็นภาษาที่มนุษย์จะทำความเข้าใจได้ยากเพราะต้องอาศัยการจดจำรหัสคำสั่งต่างๆแต่เป็นภาษาที่ไมโครคอนโทรลเลอร์เข้าใจได้ง่าย รวมถึงต้องเข้าใจโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วย จึงได้มีการคิดค้นสิ่งที่เรียกว่า คอมไพล์เลอร์ (Compiler) ขึ้นมาเพื่อทำให้มนุษย์สามารถเขียนโปรแกรมด้วยภาษาระดับสูงที่มนุษย์เข้าใจได้ โดยคอมไพล์เลอร์ทำหน้าที่เปลี่ยนภาษาระดับสูงเหล่านั้นกลายเป็นภาษาเครื่อง

2.3.4.2 ภาษาแอสเซมบลี เป็นภาษาที่ใช้รหัสคำสั่งที่เป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษมาแทนคำสั่งเลขฐาน สอง ในแบบของภาษาเครื่องทำให้ภาษาแอสเซมบลีกลายเป็นภาษาที่มนุษย์ทำความเข้าได้ง่ายขึ้น นอกจากนั้นแล้ว ยังเป็นภาษาที่ทำให้โปรแกรมทำงานได้อย่างรวดเร็ว เพราะมีการสั่งงานไปที่ฮาร์ดแวร์โดยตรง ข้อด้อยของภาษาแอสเซมบลีคือ ต้องมีความเข้าใจถึงโครงสร้างภายในไมโครคอนโทรลเลอร์อย่างละเอียด คอมไพล์เลอร์ที่ทำหน้าที่แปลงภาษาแอสเซมบลีให้เป็นภาษาเครื่องเรียกว่า แอสเซมเบลอร์

2.3.4.3 ภาษาซี เป็นภาษาระดับสูงที่มีความใกล้เคียงกับภาษาของมนุษย์ทำให้ทำความเข้าใจได้ง่ายนอกจากนั้นแล้วการเขียนโปรแกรมภาษาซีก็ไม่ต้องจำเป็นต้องเข้าใจโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์โดยอย่างละเอียด เพียงแต่เข้าใจการเขียนโปรแกรมแบบโครงสร้างก็เพียงพอแล้ว ภาษาซีสามารถใช้ในการเข้าถึงโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้โดยตรง ทำให้ได้โปรแกรมที่เขียนขึ้นทำงานได้รวดเร็วดังนั้นภาษาซีจึงเป็นที่นิยมแพร่หลายในการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์

2.4 มอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ คือ เครื่องกลไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลในรูปของการหมุนเคลื่อนที่ โดยมีประโยชน์ในการนำไปใช้งานได้อย่างกว้างขวางและถูกนำไปใช้ร่วมงานกับอุปกรณ์ไฟฟ้า เครื่องมือไฟฟ้า และเครื่องใช้ไฟฟ้าถึงประมาณ 80-90% ซึ่งมอเตอร์ไฟฟ้ามีโครงสร้างเบื้องต้นที่สำคัญมีอยู่ 2 ส่วนหลักๆ คือ ส่วนแม่เหล็กถาวร และส่วนของขดลวดตัวนำ ซึ่งมีโครงสร้างคล้ายกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า การทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าอาศัยสนามแม่เหล็ก 2 ชุดที่เกิดขึ้น ได้แก่ สนามแม่เหล็กถาวร และสนามแม่เหล็กไฟฟ้าของขดลวดตัวนำ ส่งผลให้เกิดการผลักดันกันขึ้นของสนามแม่เหล็กทั้งสอง ทำให้ขดลวดตัวนำเคลื่อนที่ที่วางอยู่กลางแม่เหล็กถาวรเกิดการหมุนเคลื่อนที่ไปได้ การหมุนเคลื่อนที่ของขดลวดตัวนำและทิศทางการเคลื่อนที่

มอเตอร์ไฟฟ้าที่ถูกผลิตขึ้นมาใช้งานนั้นแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทหลักๆ คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) เป็นมอเตอร์ไฟฟ้าที่ต้องใช้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (DC Source) เป็นมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเบื้องต้นที่ถูกผลิตมาใช้งาน และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Motor) ซึ่งเป็นมอเตอร์ไฟฟ้าที่ต้องใช้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Source) มอเตอร์ชนิดนี้ถูกพัฒนามาจากมอเตอร์กระแสตรง

2.4.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและหลักการทำงาน

หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงเข้าไปในมอเตอร์ไฟฟ้าแล้วกระแสไฟฟ้าส่วนหนึ่งจะผ่านไปยังชุดแปรงถ่านแล้วผ่านคอมมิวเตเตอร์เข้าไปในขดลวดอาร์เมเจอร์ แล้วจะสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นมาและกระแสไฟฟ้าอีกส่วนหนึ่งก็จะไหลผ่านเข้าไปในขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field coil) เพื่อที่จะสร้างสนามแม่เหล็กขั้วเหนือและขั้วใต้ขึ้น จึงเกิดสนามแม่เหล็ก 2 สนามแม่เหล็กในขณะเดียวกันตามคุณสมบัติของเส้นแรงแม่เหล็กจะไม่ตัดกัน ถ้าทิศทางตรงข้ามกันจะหักล้างกันและทิศทางเดียวกันจะเสริมแรงต่อกัน จึงทำให้เกิดแรงบิดในตัวอาร์เมเจอร์ ซึ่งวางแกนเพลาสวมอยู่กับตลับลูกปืนของมอเตอร์ทำให้อาร์เมเจอร์หมุนได้ขณะที่ตัวอาร์เมเจอร์ทำหน้าที่หมุนได้นี้เรียกว่า โรเตอร์

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เป็นต้นกำลังขับเคลื่อนที่สำคัญอย่างหนึ่งในโรงงานอุตสาหกรรม เพราะมีคุณสมบัติที่ดีในด้านการปรับความเร็วได้ตั้งแต่ความเร็วต่ำสุดจนถึงสูงสุดนิยมใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานทอผ้า โรงงานเส้นใย โรงงานถลุงโลหะการขับเคลื่อนรถไฟฟ้า เป็นต้น ในการศึกษาเกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจึงควรรู้ส่วนประกอบและหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

2.4.2 ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วนดังนี้

2.4.2.1 ส่วนที่อยู่กับที่หรือที่เรียกว่า สเตเตอร์ (Stator) ประกอบด้วยเฟรมหรือโยค เป็นโครงภายนอกทำหน้าที่เป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วเหนือไปขั้วใต้ให้ครบวงจรและยึดส่วนประกอบอื่นๆให้แข็งแรงทำด้วยเหล็กหล่อหรือเหล็กแผ่นหนาม้วนเป็นรูปทรงกระบอก ขั้วแม่เหล็ก (Pole) ประกอบด้วย 2 ส่วนคือแกนขั้วแม่เหล็กและ ขดลวด

ส่วนที่ 1 แกนขั้ว (Pole Core) ทำด้วยแผ่นเหล็กบางๆ กั้นด้วยฉนวนประกอบกันเป็นแท่งยึดติดกับเฟรม ส่วนปลายที่ทำเป็นรูปโค้งนั้นเพื่อโค้งรับรูปกลมของตัวโรเตอร์เรียกว่าขั้วแม่เหล็ก (Pole Shoes) มีวัตถุประสงค์ให้ขั้วแม่เหล็กและโรเตอร์ใกล้ชิดกันมากที่สุดเพื่อให้เกิดช่องอากาศน้อยที่สุด เพื่อให้เกิดช่องอากาศน้อยที่สุดจะมีผลให้เส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กผ่านไปยังโรเตอร์มากที่สุดแล้วทำให้เกิดแรงบิดหรือกำลังบิดของโรเตอร์มากเป็นการ ทำให้มอเตอร์มีกำลังหมุน

ส่วนที่ 2 ขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field Coil) จะพันอยู่รอบๆแกนขั้วแม่เหล็กขดลวดนี้ทำหน้าที่รับกระแสจากภายนอกเพื่อสร้างเส้นแรงแม่เหล็กให้เกิดขึ้น และเส้นแรงแม่เหล็กนี้จะเกิดการหักล้างและเสริมกันกับสนามแม่เหล็กของอาร์เมเจอร์ทำให้เกิดแรงบิดขึ้น

2.4.2.2 ตัวหมุนหรือเรียกว่าโรเตอร์ (Rotor) ตัวหมุนนี้ทำให้เกิดกำลังงานมีแกนวางอยู่ในตลับลูกปืนซึ่งประกอบอยู่ในแผ่นปิดหัวท้ายของมอเตอร์ตัวโรเตอร์ประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกัน ได้แก่

1. แกนเพลา (Shaft) เป็นตัวสำหรับยึดคอมมิวเตเตอร์ และยึดแกนเหล็กอาร์มาเจอร์ประกอบเป็นตัวโรเตอร์แกนเพลานี้จะวางอยู่บนแบริ่ง เพื่อบังคับให้หมุนอยู่ในแนวนิ่งไม่มีการสั่นสะเทือนได้

2. แกนเหล็กอาร์มาเจอร์ (Armature Core) ทำด้วยแผ่นเหล็กบางอาบฉนวน เป็นที่สำหรับพันขดลวดอาร์มาเจอร์ซึ่งสร้างแรงบิด

3. คอมมิวเตเตอร์(Commutator) ทำด้วยทองแดงออกแบบเป็นซี่แต่ละซี่มีฉนวนไมก้า (mica) คั่นระหว่างซี่ของคอมมิวเตเตอร์ ส่วนหัวซี่ของคอมมิวเตเตอร์ จะมีร่องสำหรับใส่ปลายสายของขดลวดอาร์มาเจอร์ ตัวคอมมิวเตเตอร์นี้อัดแน่นติดกับแกนเพลา เป็นรูปกลมทรงกระบอก มีหน้าที่สัมผัสกับแปรงถ่าน(Carbon Brushes) เพื่อรับกระแสจากสายป้อนเข้าไปยัง ขดลวดอาร์มาเจอร์เพื่อสร้างเส้นแรงแม่เหล็กอีกส่วนหนึ่งให้เกิดการหักล้างและเสริมกันกับเส้นแรงแม่เหล็กอีกส่วน ซึ่งเกิดจากขดลวดขั้วแม่เหล็ก ดังกล่ามาแล้วเรียกว่าปฏิกิริยามอเตอร์(Motor action)

4. ขดลวดอาร์มาเจอร์ (Armature Winding) เป็นขดลวดพันอยู่ในร่องสลอท (Slot) ของแกนอาร์มาเจอร์ ขนาดของลวดจะเล็กหรือใหญ่ละจำนวนรอบจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับการออกแบบของตัวโรเตอร์ชนิดนั้นๆ เพื่อที่จะให้เหมาะสมกับงานต่างๆ ที่ต้องการ ควรศึกษาต่อไปในเรื่องการพันอาร์มาเจอร์ (Armature Winding) ในโอกาสต่อไป

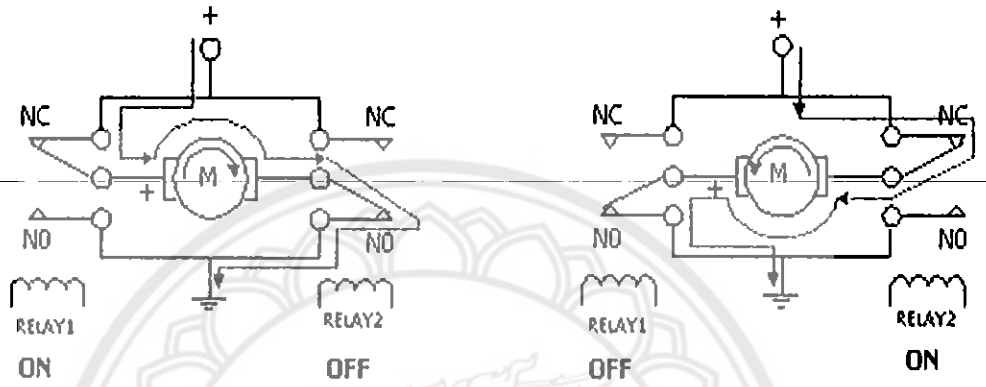
2.4.2.3 แปรงถ่าน (Brushes) ทำด้วยคาร์บอนมีรูปร่างเป็นแท่งสี่เหลี่ยมพื้นผ้าอยู่ในซองแปรงมีสปริงกดอยู่ด้านบนเพื่อให้ถ่านนี้ สัมผัสกับซี่คอมมิวเตเตอร์ตลอดเวลาเพื่อรับกระแส และส่งกระแสไฟฟ้าระหว่างขดลวดอาร์มาเจอร์ กับวงจรไฟฟ้าจากภายนอก คือถ้าเป็นมอเตอร์กระแสไฟฟ้าตรงจะทำหน้าที่รับกระแสจากภายนอกเข้าไปยังคอมมิวเตเตอร์ให้ลวดอาร์มาเจอร์เกิดแรงบิดทำให้มอเตอร์หมุนได้

2.4.3 การควบคุมความเร็วมอเตอร์

การควบคุมความเร็วมอเตอร์ โดยปกติมีหลักการทำงานคือ เมื่อป้อนแหล่งจ่ายไฟตามขนาดแรงดันที่รับได้ของมอเตอร์เข้าไป จะทำให้มอเตอร์เกิดการหมุนด้วยความเร็วสูงสุดคงที่ในทิศทางเดียวเสมอและจะหยุดหมุนเอทำการถอดแหล่งจ่ายออกและถ้าต้องการให้มอเตอร์เกิดการหมุนกลับด้านก็จะต้องกลับแหล่งจ่ายที่ป้อนให้กับมอเตอร์แต่ก็ทำให้แรงของมอเตอร์ตกลงไปด้วย จะเห็นได้ว่าการควบคุมแหล่งจ่ายเป็นวิธีการที่ง่ายแต่มีความยุ่งยากและควบคุมได้ไม่ดี ซึ่งในแนวทางของอิเล็กทรอนิกส์จึงได้คิดวงจรควบคุมมอเตอร์ขึ้นเพื่อให้เกิดความสะดวกในการใช้งานมากขึ้น

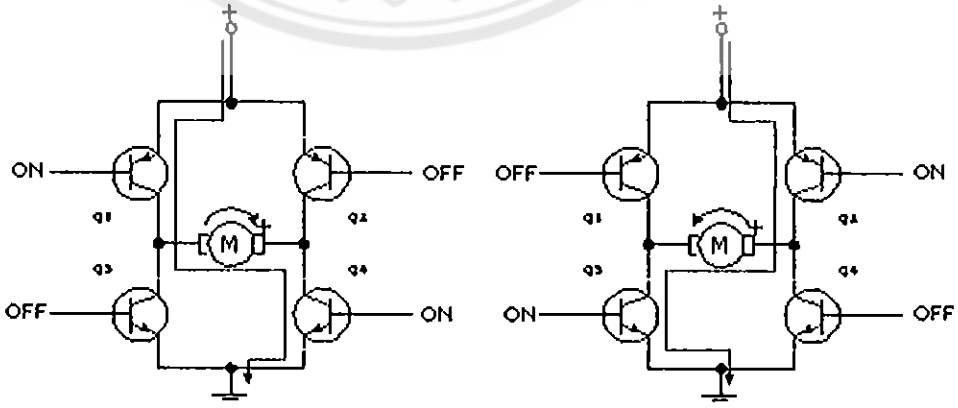
2.4.4 การกลับทิศทางการหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ในการใช้ไอซีไมโครคอนโทรเลอร์เป็นตัวควบคุมการหมุนและทิศทางของมอเตอร์กระแสตรงนั้นจะต้องมีส่วนของวงจรขับมอเตอร์ส่วนวงจรกลับทิศทางของมอเตอร์สามารถใช้รีเลย์ต่อวงจรเพื่อกลับทิศทางของขั้วไฟฟ้ากระแสตรงหรืออาจใช้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่เป็นวงจรขับกำลังเช่น ทรานซิสเตอร์แบบมอสเฟต



รูปที่ 2.5 แสดงการกลับทิศทางของมอเตอร์กระแสตรงโดยใช้รีเลย์

จากรูปที่ 2.5 เป็นการใช้รีเลย์ควบคุมการเปลี่ยนทิศทางการหมุนของมอเตอร์ โดยอาศัยการควบคุมการปิด-เปิดที่รีเลย์ 2 ตัว ซึ่งจะทำหน้าที่ในการกลับทิศทางของขั้วไฟฟ้าที่ป้อนให้กับมอเตอร์โดยการสลับการทำงานของรีเลย์ เช่น ให้รีเลย์ตัวที่ 1 ทำงาน (ON) และรีเลย์ตัวที่ 2 หยุดการทำงาน (OFF) จะทำให้มอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกาและในทำนองเดียวกันถ้าหากรีเลย์ตัวที่ 1 หยุดการทำงาน (OFF) และรีเลย์ตัวที่ 2 เกิดทำงาน (ON) ก็จะทำให้มอเตอร์เกิดการหมุนทวนเข็มนาฬิกา

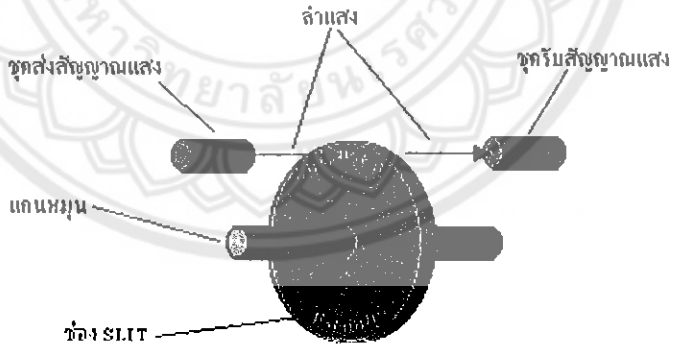


รูปที่ 2.6 แสดงการใช้ทรานซิสเตอร์เป็นวงจรขับและกำหนดทิศทางของมอเตอร์กระแสตรง

จากรูปที่ 2.6 เป็นวงจรลิเนียร์บริดจ์แอมป์ ซึ่งจะประกอบไปด้วยทรานซิสเตอร์กำลัง 4 ตัวทำหน้าที่ขับและควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ถ้าหากกำหนดให้ทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q4 อยู่ในสภาวะการทำงาน (Active) กระแสไฟจะไหลผ่านทรานซิสเตอร์จากซ้ายไปขวา โดยผ่านมอเตอร์กระแสตรงทำให้มอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา ในทำนองเดียวกันถ้าหากทำให้ทรานซิสเตอร์ Q2 และ Q3 อยู่ในสภาวะการทำงาน (Active) กระแสไฟฟ้าก็จะไหลจากทางขวาไปทางซ้ายซึ่งจะส่งผลให้มอเตอร์กลับทิศทางการหมุนจากขวาไปทางซ้ายซึ่งจะส่งผลให้มอเตอร์กลับทิศทางการหมุนเป็นทวนเข็มนาฬิกา

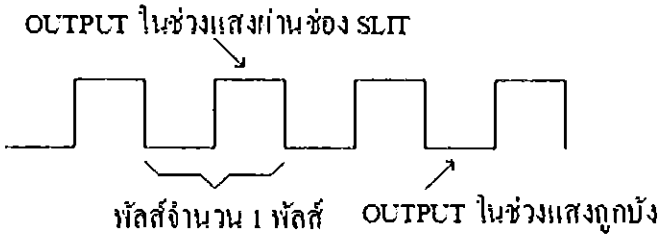
2.4.5 การควบคุมตำแหน่งของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ในการควบคุมตำแหน่งของมอเตอร์นั้น เนื่องจากการเคลื่อนที่ของมอเตอร์เป็นการเคลื่อนที่แบบหมุนดังนั้นเราจึงนำเอาตัวเข้ารหัสแบบหมุน (Rotary Encoder) เข้ามาใช้และอ่านค่าออกมาเพื่อตรวจสอบทิศทางและตำแหน่งของการเคลื่อนที่เพื่อนำมาทำการเปรียบเทียบตำแหน่งการเคลื่อนที่กับค่าอินพุตโดยหลักการทำงานของตัวเข้ารหัสแบบหมุนมีดังนี้ ตัวเข้ารหัสแบบหมุนมีลักษณะเป็นแผ่นกลมมีแกนอยู่ตรงกลางและที่แผ่นกลมจะมีช่องเล็กที่แสงสามารถส่องผ่านได้เป็นจำนวนมาก เราเรียกช่องนี้ว่า ช่องสลิท (Slit) ซึ่งที่ด้านหนึ่งของแผ่นกลมนี้จะมีตัวส่งแสงอินฟราเรด (Infrared) ไปยังตัวรับสัญญาณแสงอินฟราเรดซึ่งจะอยู่ในด้านตรงกันข้ามดังรูปที่ 2.7



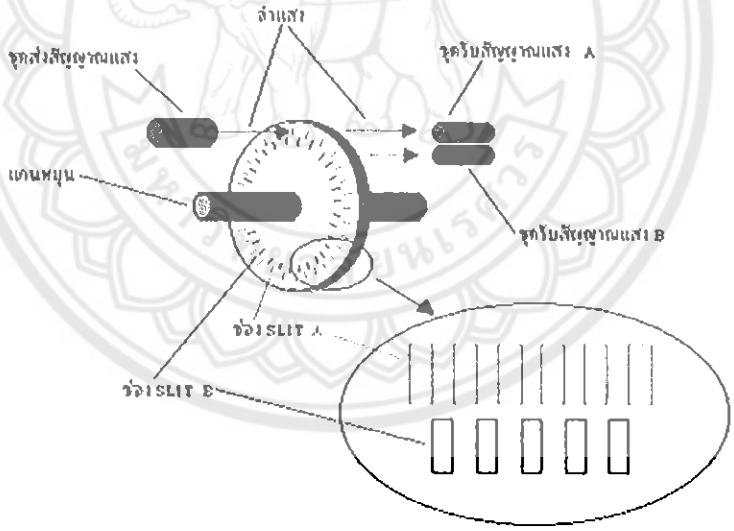
รูปที่ 2.7 แสดงตัวเข้ารหัสแบบหมุน (Rotary Encoder)

เมื่อหมุนแกนหมุนทำให้แผ่นกลมหมุนไปตัดลำแสงอินฟราเรด ดังนั้นชุดรับแสงอินฟราเรดจึงมีแสงมากระทบเป็นช่วงๆ ตามจังหวะที่แสงผ่านช่องสลิทจึงทำให้ สัญญาณเอาท์พุตของชุดรับแสงอินฟราเรดมีลักษณะเป็นพัลส์ (Pulse) ดังรูปที่ 2.8



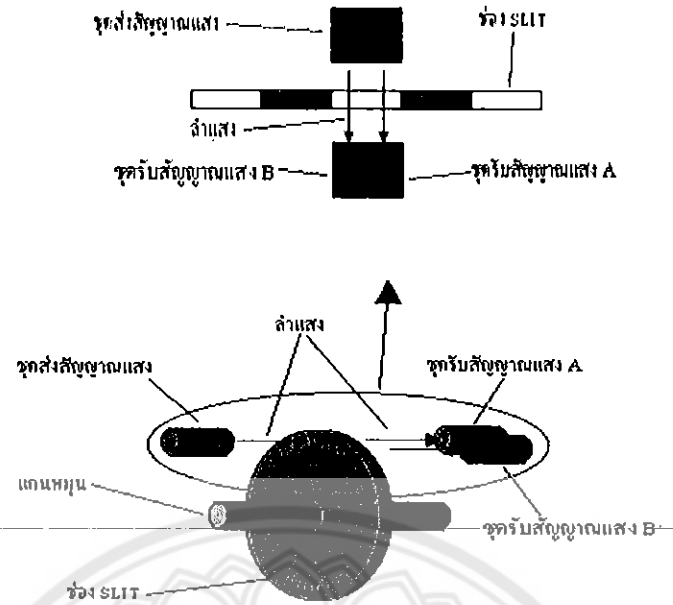
รูปที่ 2.8 การสร้างสัญญาณพัลส์ (Pulse) ของตัวเข้ารหัสแบบหมุน

จำนวนพัลส์ที่ได้ออกมานี้จะเป็นตัวที่บ่งชี้ว่ามอเตอร์หมุนไปกี่องศาหรือกี่รอบซึ่งเราสามารถคำนวณได้จากสูตรจำนวนรอบที่มอเตอร์หมุนไปเท่ากับจำนวนพัลส์โดยที่ค่าความละเอียดของตัวเข้ารหัสแบบหมุนนั้นนิยมใช้หน่วยเป็นพัลส์ต่อรอบ เช่น 1000 พัลส์ต่อรอบก็หมายถึงว่าเมื่อมอเตอร์หมุนไป 1 รอบจะมีสัญญาณพัลส์ออกมา 1000 พัลส์เป็นต้น ส่วนในเรื่องที่ว่าเราจะทราบได้อย่างไรว่ามอเตอร์หมุนไปทิศทางใดนั้นส่วนใหญ่แล้วจะใช้วิธีสร้างช่องสลิทเป็น 2 ชุดเหลื่อมกัน 90 องศา ดังรูปที่ 2.9



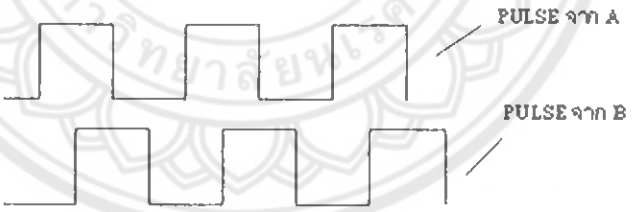
รูปที่ 2.9 พัลส์ของตัวเข้ารหัสแบบหมุนแบบสองเฟส

หรืออาจจะใช้ช่องสลิทเพียง 1 ชุด แต่มีการจัดวางชุดรับสัญญาณแสงดังรูปที่ 2.10 แต่ข้อสำคัญคือจะต้องมีมุมเฟส (Phase) ต่างกัน 90 องศา



รูปที่ 2.10 การตรวจเช็คสัญญาณพัลส์ของตัวเข้ารหัสแบบหมุน

ดังนั้นสัญญาณเอาท์พุตจากมอเตอร์จึงมี 2 ชุด คือ A และ B โดยที่สัญญาณพัลส์จาก A และ B ก็จะเหลื่อมกัน 90 องศาด้วย อาจกล่าวได้ว่าสัญญาณเอาท์พุตจากมอเตอร์มีค่าเท่ากับ 2 บิตคือหนึ่งบิตมาจาก A และอีกหนึ่งบิตมาจาก B ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 ลักษณะสัญญาณพัลส์ของตัวเข้ารหัสแบบหมุนทั้งสองเฟส

ถ้าเราให้พัลส์ในช่วงขาขึ้น (High) มีค่าเป็น "1" และพัลส์ในช่วงขาลง (Low) มีค่าเป็น "0" เราสามารถใช้ค่าดังกล่าวมาคำนวณหาทิศทางที่มอเตอร์หมุนได้ด้วยใช้วิธีการทางดิจิตอลคือการนำค่าที่อ่านได้มาทำการเอ็กคลูซีพออร์ กันโดยการนำบิตทางขวาของค่าเก่ามาเอ็กคลูซีพออร์กับบิตทางซ้ายของค่าใหม่ที่อ่านได้

2.4.6 การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของมอเตอร์กระแสตรงและมอเตอร์กระแสสลับ

ข้อดีของมอเตอร์กระแสตรง

1. การควบคุมแรงบิดหรือความเร็วทำได้ง่ายและดีมาก
2. มีผลตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลง(Response) ได้รวดเร็ว
3. การปรับความเร็วสามารถทำได้ในช่วงกว้าง

ข้อเสียของมอเตอร์กระแสตรง

1. การบำรุงรักษาสูงมากเนื่องจากมีส่วนสึกหรอของแปรงถ่าน
2. ราคาแพงมากเมื่อเทียบกับมอเตอร์กระแสสลับที่มีขนาดกำลังแรงม้าเท่ากัน
3. มีขนาดใหญ่กว่า มอเตอร์กระแสสลับที่ขนาดแรงม้าเท่ากัน
4. หาแหล่งจ่ายที่เป็นไฟกระแสตรงได้ยาก
5. ไม่สามารถนำไปใช้ในที่มีสารไวไฟได้

ข้อดีของมอเตอร์กระแสสลับ

1. ราคาถูกกว่ามอเตอร์กระแสตรงที่ขนาดพิกัดกำลังเท่ากัน
2. มีลักษณะโครงสร้างง่ายไม่ซับซ้อนและเล็กกว่ามอเตอร์กระแสตรงที่พิกัดเท่ากัน
3. การบำรุงรักษาน้อยมาก แข็งแรงทนทาน
4. ใช้ในสถานที่ที่มีสารไวไฟ หรือสารเคมีได้
5. มีประสิทธิภาพสูงกว่ามอเตอร์กระแสตรง
6. หาซื้อได้ง่าย เป็นที่นิยม

ข้อเสียของมอเตอร์กระแสสลับ

1. การควบคุมความเร็วทำได้ยากมาก จะต้องใช้อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์กำลัง (Power electronics) มาควบคุม คือ อินเวอร์เตอร์ (Inverter) ที่มีราคาค่อนข้างแพง

2. สาเหตุที่เลือกใช้มอเตอร์กระแสตรงเพื่อง่ายในการควบคุม เพราะมอเตอร์กระแสสลับควบคุมได้ยากต้องใช้อินเวอร์เตอร์ซึ่งมีราคาแพง

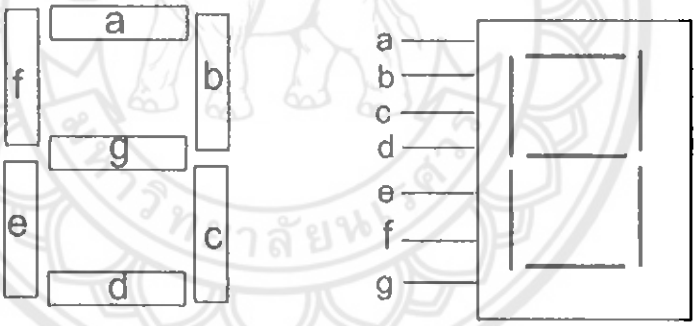
2.5 อุปกรณ์แสดงผล

อุปกรณ์แสดงผล คืออุปกรณ์ที่ใช้แสดงค่า (Output) สถานะต่างๆของของเครื่องช่วยหัดเดิน ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้แสดงผลการทำงานของเครื่องช่วยหัดเดินมีอยู่หลายรูปแบบ เช่น ตัวแสดงผลเจ็ดส่วน (7 SEGMENT) หลอดไฟ (LED) ใช้ในการบอกสถานะในการทำงานของเครื่องช่วยหัดเดิน

2.5.1 ตัวแสดงผลเจ็ดส่วน แสดงผลเจ็ดส่วนหรือเรียกอีกอย่างว่า เซเว่นเซกเมนต์หรือแอลอีดีเจ็ดส่วน แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

1. แบบคอมมอนแอโนด (Common Anode) เป็นการนำเอาขาแอโนดของแอลอีดีแต่ละตัวมาต่อร่วมกันเป็นจุดร่วม ส่วนขาที่เหลือใช้เป็นอินพุต คอยรับสถานะลอจิก ซึ่งคอมมอนแอโนดจะต้องป้อนอินพุตลอจิกลอจิกเป็น "1"

2. แบบคอมมอนแคโทด (Common cathode) คือการนำเอาขาแคโทดของแอลอีดีแต่ละตัวมาต่อร่วมกันเป็นจุดร่วมเหมือนกับคอมมอนแอโนดแต่คอมมอนแคโทดจะต้องป้อนอินพุตเป็นลอจิก "0"



รูปที่ 2.12 แสดงตำแหน่งส่วนแสดงผล A- G และสัญลักษณ์เซเว่นเซกเมนต์

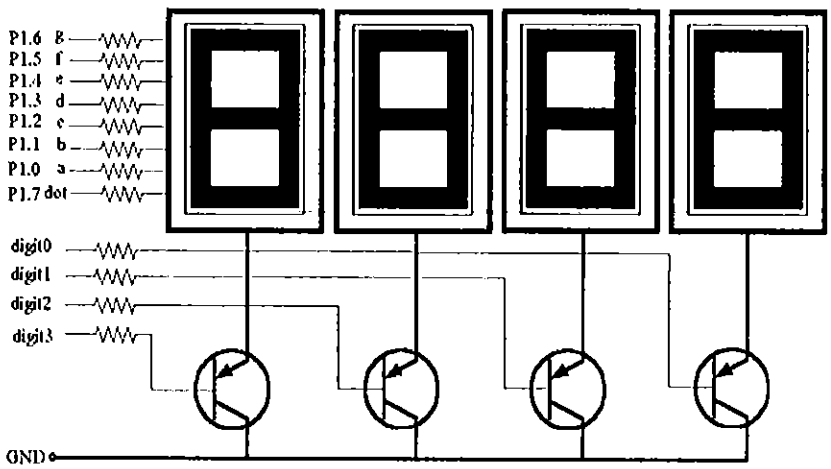
หากต้องการให้แสดงผลโดยแสดงเป็นตัวเลข "0" และดับด้วยลอจิก "1" แต่ถ้าเป็นแบบคอมมอนแคโทดจะกำหนดให้สว่างแต่ละเซกเมนต์ด้วยลอจิก"1" และดับด้วยลอจิก "0" ถ้าเป็นแบบคอมมอนแอโนดจะกำหนดให้สว่างแต่ละเซกเมนต์ด้วยลอจิกหลังจากที่ได้ทุกตัวเลขแล้วนำมาทำเป็นเลขฐานสิบหก จะสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงผลตัวเลขที่นำมาทำเป็นเลขฐานสิบหก [9]

ตัวเลขที่แสดงผล	คอมมอนแอโนด	คอมมอนแคโทด
0	C0	3F
1	F9	06
2	A4	5B
3	B0	4F
4	99	66
5	92	6D
6	82	7D
7	F8	07
8	80	7F
9	90	6F

2.5.2 การใช้ตัวแสดงผลเจ็ดส่วนหลายตัว

การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อแสดงผลที่ตัวแสดงผลเจ็ดส่วน ถ้าหากนำมาต่อใช้ร่วมกันหลายๆหลัก ในกรณีที่ตัวแสดงผลเจ็ดส่วนติดสว่างทุกตัวและสว่างทุกหลักพร้อมกัน ซึ่งอาจเกิดปัญหาจากปริมาณของแหล่งจ่ายไฟที่ระบบต้องการ ดังนั้นการใช้งานตัวแสดงผลเจ็ดส่วนแสดงผลหลายๆ ตัวพร้อมกันจึงนิยมใช้วิธีที่เรียกว่า มัลติเพล็กซ์ (Multiplexed display) โดยจะใช้วิธีการต่อขาของตัวแสดงผลเจ็ดส่วนแต่ละตัวต่อขนานเข้ากับขาตัวแสดงผลเจ็ดส่วนเดียวกันของตัวแสดงผลเจ็ดส่วน อื่นๆทุกตัวดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 การต่อตัวแสดงผลเจ็ดส่วนหลายตัว

2.6 รีเลย์ (Relay)

รีเลย์ เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก เพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสให้เปลี่ยนสภาวะ โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อทำการปิดหรือเปิดหน้าสัมผัสคล้ายกับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเราสามารถนำรีเลย์ไปประยุกต์ใช้ ในการควบคุมวงจรต่าง ๆได้มากมาย

2.6.1 หน้าที่และหลักการทำงานของรีเลย์

หน้าที่ของคอนแทคเตอร์ คือ การใช้กำลังไฟฟ้าจำนวนน้อยเพื่อไปควบคุมการตัดต่อกำลังไฟฟ้าจำนวนมาก คอนแทคเตอร์ ทำให้เราสามารถควบคุมกำลังไฟฟ้าในตำแหน่งอื่นๆ ของระบบไฟฟ้าได้ สายไฟควบคุมให้รีเลย์กำลังหรือคอนแทคเตอร์ทำงานเป็นสายไฟฟ้าขนาดเล็กต่อเข้ากับสวิตช์ควบคุมและขดลวด (Coil) ของของคอนแทคเตอร์ กำลังไฟฟ้าที่ป้อนเข้าขดลวดอาจจะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง หรือไฟฟ้ากระแสสลับก็ได้ขึ้นอยู่กับการออกแบบการใช้คอนแทคเตอร์ทำให้สามารถควบคุมวงจรจากระยะไกล (Remote) ได้ ซึ่งทำให้เกิดความปลอดภัยกับผู้ปฏิบัติงานในการควบคุมกำลังไฟฟ้า

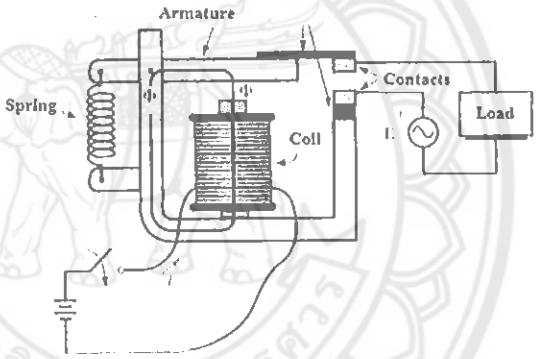
หลักการทำงานเบื้องต้นของรีเลย์แสดงดังรูปที่ 2.7 การทำงานเริ่มจากปิดสวิตช์ เพื่อป้อนกระแสให้กับขดลวด โดยทั่วไปจะเป็นขดลวดพันรอบแกนเหล็ก ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไปดูดเหล็กอ่อนที่เรียกว่าอาร์เมเจอร์ (Armature) ให้ต่ำลงมา ที่ปลายของอาร์เมเจอร์ด้านหนึ่งมักยึดติดกับ

สปริง (Spring) และปลายอีกด้านหนึ่งยึดติดกับหน้าสัมผัส การเคลื่อนที่อาร์เมเจอร์ จึงเป็นการควบคุมการเคลื่อนที่ของหน้าสัมผัส ให้แยกจากหรือแตะกับหน้าสัมผัสอีกอันหนึ่งซึ่งยึดติดอยู่กับที่ เมื่อเปิดสวิตช์อาร์เมเจอร์ ก็จะกลับสู่ตำแหน่งเดิม เราสามารถนำหลักการนี้ไปควบคุมโหลด (Load) หรือวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ได้ตามต้องการ

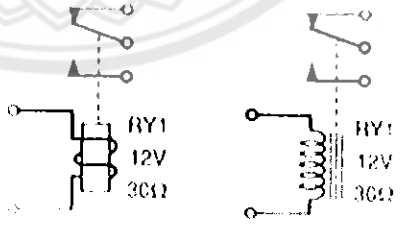
2.6.2 รีเลย์แบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 ประเภทคือ

1. รีเลย์กำลัง (Power relay) หรือมักเรียกกันว่า คอนแทคเตอร์ (Contactor or Magnetic contactor) ใช้ในการควบคุมไฟฟ้ากำลัง มีขนาดใหญ่กว่ารีเลย์ธรรมดา

2. รีเลย์ควบคุม (Control Relay) มีขนาดเล็กกำลังไฟฟ้าต่ำ ใช้ในวงจรควบคุมทั่วไปที่มีกำลังไฟฟ้าไม่มากนัก หรือเพื่อการควบคุมรีเลย์หรือคอนแทคเตอร์ขนาดใหญ่ รีเลย์ควบคุมบางทีเรียกกันง่ายๆว่า รีเลย์



รูปที่ 2.14 แสดงหลักการทำงานเบื้องต้นของรีเลย์



สัญลักษณ์แบบ ลวดพัน

สัญลักษณ์แบบตัว เหนี่ยวนำพันแกนเหล็ก

รูปที่ 2.15 สัญลักษณ์แบบตัวเหนี่ยวนำพันแกนเหล็กและสัญลักษณ์แบบลวดพัน

2.7 แบตเตอรี่ (Battery)

แบตเตอรี่ (Battery) คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่จัดเก็บพลังงานเพื่อนำไปใช้ต่อไป ถือเป็นอุปกรณ์ที่มีความสามารถแปลงพลังงานเคมีให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรงด้วยการใช้เซลล์กัลวานิก Galvanic cell) ที่ประกอบไปด้วยขั้วบวกและขั้วลบกับสารละลายอิเล็กโตรไลต์ (Electrolyte solution) แบตเตอรี่อาจประกอบไปด้วยเซลล์กัลวานิกเพียง 1 เซลล์หรือมากกว่า แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์สำหรับจัดเก็บไฟฟ้าเท่านั้นไม่ได้ใช้ในการผลิตไฟฟ้า สามารถประจุไฟฟ้าเข้าไปใหม่ (Recharge) ได้หลายครั้งและประสิทธิภาพที่ได้จะไม่เต็ม 100% จะอยู่ที่ประมาณ 80% เพราะมีการสูญเสียพลังงานบางส่วนไปในรูปของความร้อนและปฏิกิริยาเคมีจากการประจุและการจ่ายประจุ แบตเตอรี่จัดเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาแพงและเสียหายได้ง่ายหากมีการดูแลรักษาไม่ดีเพียงพอหรือใช้งานในทางที่ผิดวิธี รวมถึงอายุการใช้งานของแบตเตอรี่แต่ละชนิดแต่ละประเภทจะมีความแตกต่างกันไปเนื่องจากด้วยวิธีการใช้งาน การบำรุงรักษา การประจุและอุณหภูมิ เป็นต้น

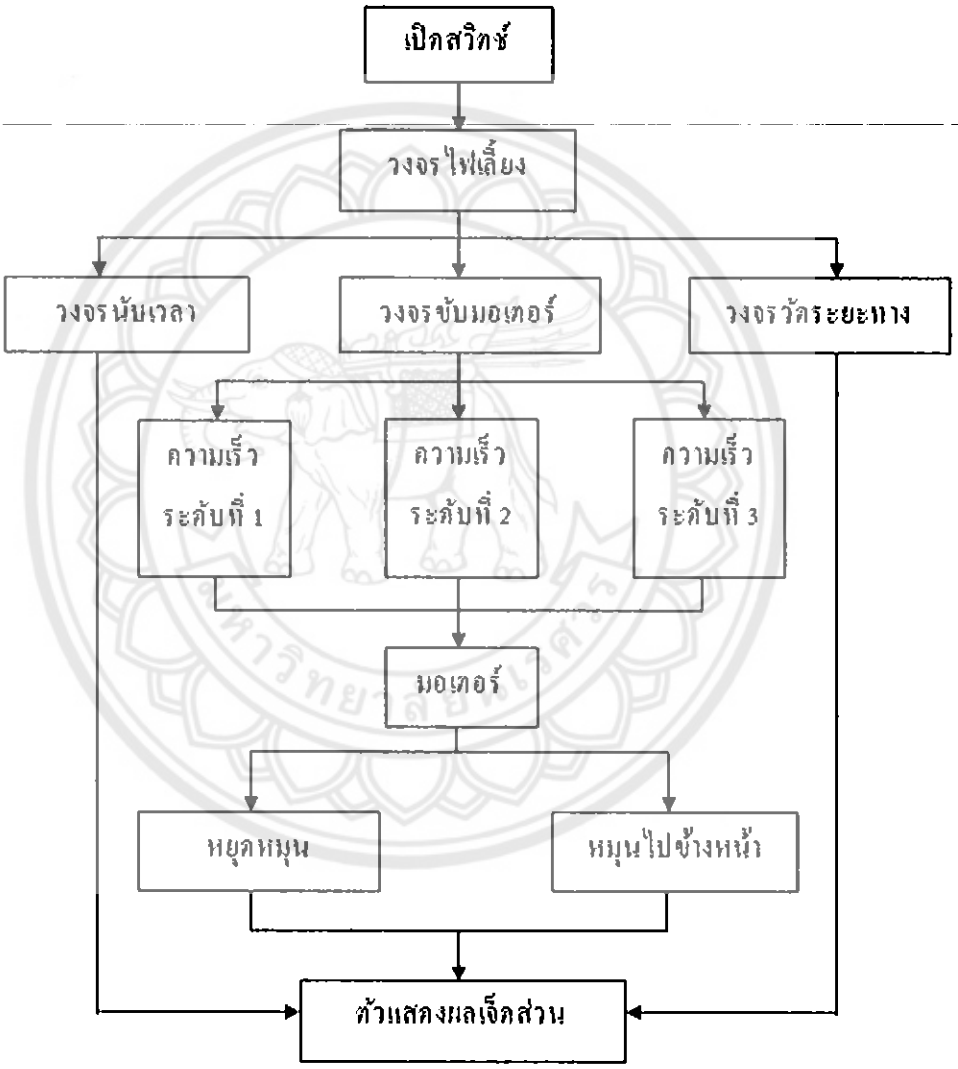
ความจุของแบตเตอรี่ในการบรรจุพลังงานนั้นมีหน่วยเป็น แอมแปร์-ชั่วโมง พลังงานในแบตเตอรี่ 12โวลต์ 100 แอมแปร์-ชั่วโมง เท่ากับ 12โวลต์ x 100 แอมแปร์-ชั่วโมง หรือ 12โวลต์ x 100 แอมแปร์-ชั่วโมง x 3600วินาที จะได้เท่ากับ 4.32 เมกะจูล ถ้าแบตเตอรี่ที่ใช้เป็น 100 แอมแปร์-ชั่วโมง เท่ากับว่าแบตเตอรี่จะจ่ายกะแสไฟ 1 แอมแปร์อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 10 ชั่วโมง หรือแบตเตอรี่จ่ายกะแสไฟ 10 แอมแปร์อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 10 ชั่วโมง เช่นเดียวกับแบตเตอรี่ที่จ่ายกระแสไฟ 5 แอมแปร์อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 20 ชั่วโมง ซึ่งทั้งหมดนี้จะจ่ายกระแสไฟเท่ากับ 100 แอมแปร์-ชั่วโมง ทั้งสิ้น จะเห็นได้ว่าแบตเตอรี่ที่มีความจุที่เท่ากันอาจจะมีความเร็วในการจ่ายกระแสไฟที่แตกต่างกันได้ทั้งนั้น การจะทราบว่าความจุของแบตเตอรี่ที่ต้องการทราบถึงอัตราของการจ่ายกระแสไฟด้วยมักกำหนดเป็นจำนวนชั่วโมงของการจ่ายกระแสไฟแบบเต็มที่ [27]

บทที่ 3

การออกแบบและสร้างเครื่องช่วยหัดเดิน

ในบทนี้จะเป็นกล่าวถึงการออกแบบขั้นตอนการสร้าง การทำงาน และส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องช่วยหัดเดิน

3.1 ขั้นตอนในการทำงานของเครื่องช่วยหัดเดิน



รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงานของเครื่องช่วยหัดเดิน

จากรูปที่ 3.1 มีขั้นตอนการทำงานของเครื่องช่วยหัดเดินดังต่อไปนี้

1. เมื่อเปิดสวิตช์วงจรไฟเลี้ยงจะจ่ายกระแสไฟไปยังวงจรนับเวลา วงจรขับมอเตอร์ และวงจรวัดระยะทาง

2. วงจรขับมอเตอร์จะทำหน้าที่ในการควบคุมความเร็วและควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ ความเร็วของมอเตอร์ในการเดินเครื่องไปข้างหน้าสามารถเลือกระดับความเร็วได้ 3 ระดับ

- ความเร็วระดับที่ 1 เป็นระดับความเร็วที่ช้า
- ความเร็วระดับที่ 2 เป็นระดับความเร็วปานกลาง
- ความเร็วระดับที่ 3 เป็นระดับความเร็วสูงสุด

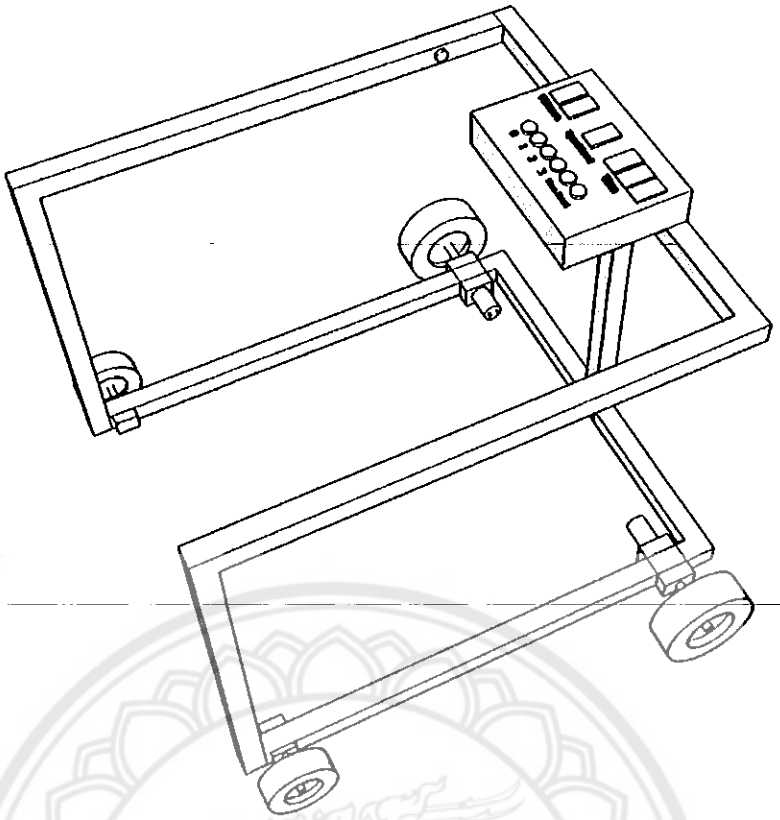
3. ขณะที่มอเตอร์ทำงานวงจรนับเวลาและวงจรวัดระยะทางในไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการนับเวลาและวัดระยะทางการทำงานของมอเตอร์อย่างต่อเนื่องจนกว่ามอเตอร์จะหยุดทำงานหรือปิดสวิตช์วงจร

4. วงจรนับเวลา วงจรปรับระดับความเร็วและวงจรวัดระยะทาง ซึ่งทั้ง 3 วงจรนี้จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมวงจรจากนั้นจะส่งข้อมูลไปแสดงผลที่ตัวแสดงผลเจ็ดส่วน

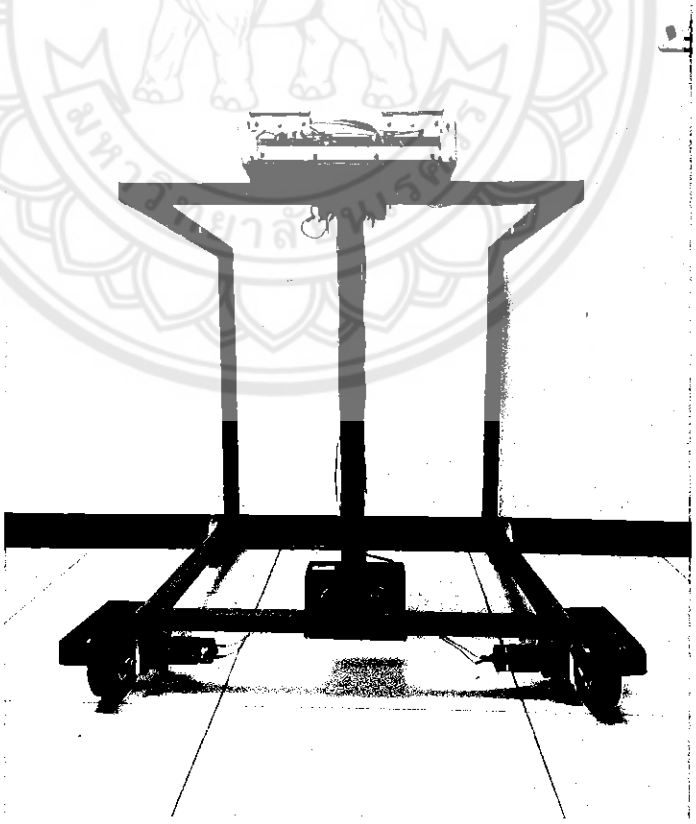
3.2 การออกแบบโครงสร้างเครื่องช่วยหัดเดิน

โครงสร้างเครื่องช่วยหัดเดินนั้นจะเน้นใช้วัสดุที่มีความแข็งแรง มั่นคงและง่ายต่อการเคลื่อนย้าย โดยเครื่องช่วยหัดเดินนั้นจะใช้เหล็กเป็นวัสดุหลักในการทำโครงสร้าง และใช้แผ่นอะคริลิคใช้ทำกล่องเก็บวงจร

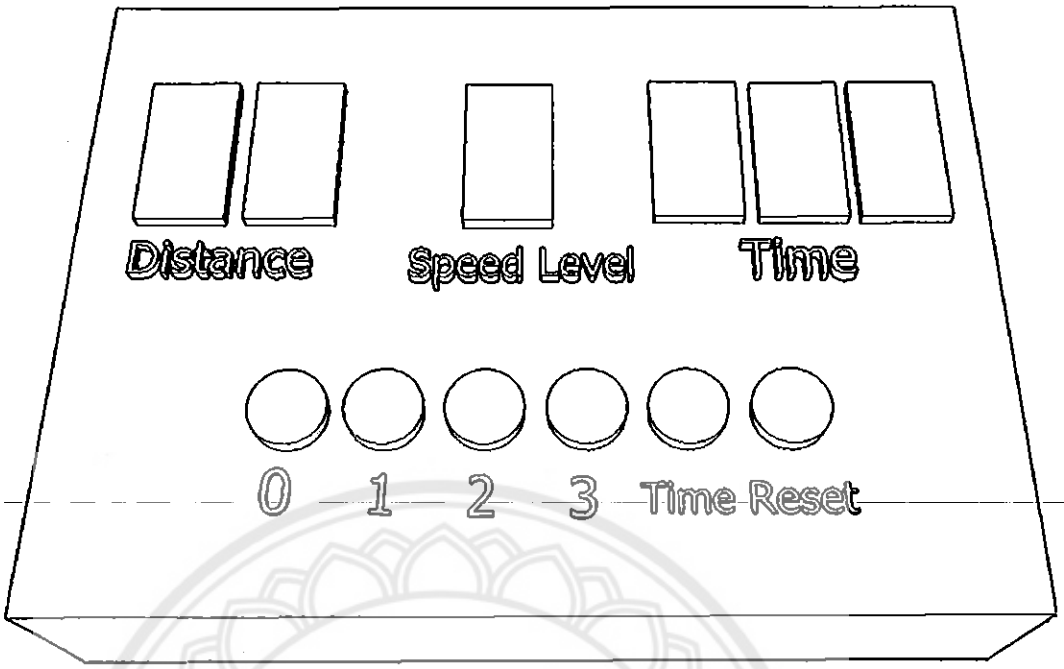
ในการออกแบบโครงสร้างเครื่องช่วยหัดเดินนั้นจะประกอบไปด้วย ส่วนของฐานด้านบนที่ใช้จับและฐานด้านล่าง ซึ่งจะมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนานกันมีขนาด 65×67 เซนติเมตร ซึ่งในส่วนของฐานด้านบนที่ใช้จับและฐานด้านล่างนั้นจะใช้เหล็กในการทำโครงสร้างเพราะช่วยในการเพิ่มความแข็งแรงในการใช้งานสามารถใช้วางแบตเตอรี่และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้ และในส่วนของฐานด้านบนที่ใช้จับและฐานด้านล่างจะเชื่อมกับเหล็กในแนวตั้งฉากที่มีความยาว 67 เซนติเมตร



รูปที่ 3.2 แสดงโครงสร้างเครื่องช่วยหัดเดิน



รูปที่ 3.3 แสดงโครงสร้างเครื่องช่วยหัดเดินที่สร้างขึ้น



รูปที่ 3.4 หน้าจอแสดงผลของเครื่องช่วยหัดเดิน

3.2.1 วัสดุอุปกรณ์ในการทำเครื่องช่วยหัดเดิน

1. ไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข P89V51RD2
2. ไอซี MAX 232
3. Crystal 18.432 เมกกะเฮิรตซ์
4. LM 7805
5. ไดโอดบริดจ์และไดโอดโปร่งแสง
6. สวิตช์
7. ตัวต้านทาน
8. ตัวเก็บประจุ
9. แผ่นปริ้นและกรดกัดแผ่นปริ้น
10. สายไฟ
11. ซิงค์ระบายความร้อน
12. เหล็กและแผ่นอะคริลิค

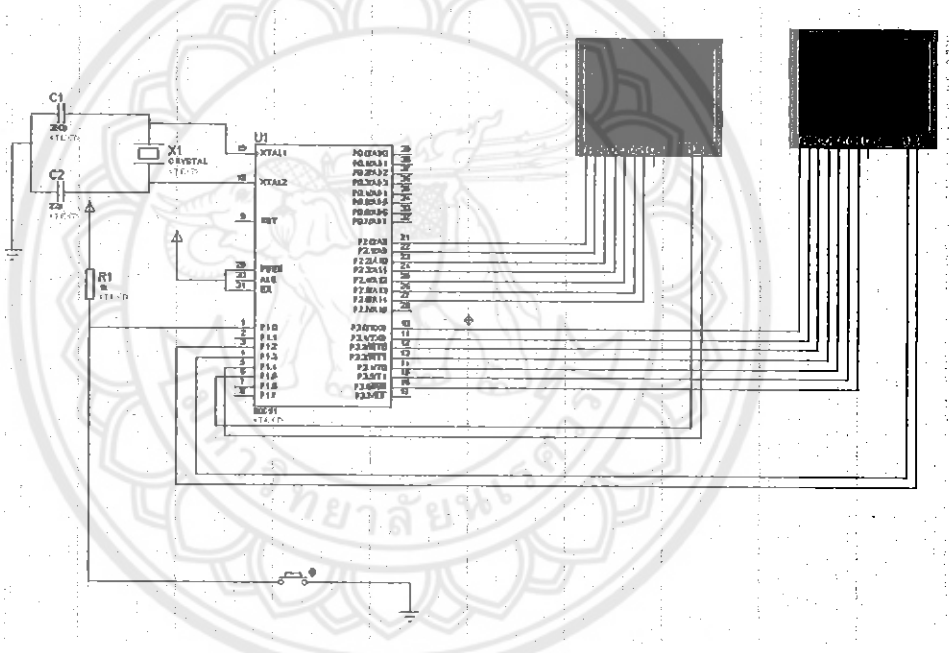
13. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ล้อและล้ออิสระ

14. แบตเตอรี่

3.3 ส่วนควบคุมการทำงานของเครื่องช่วยหัดเดิน

3.3.1 วงจรนับเวลา

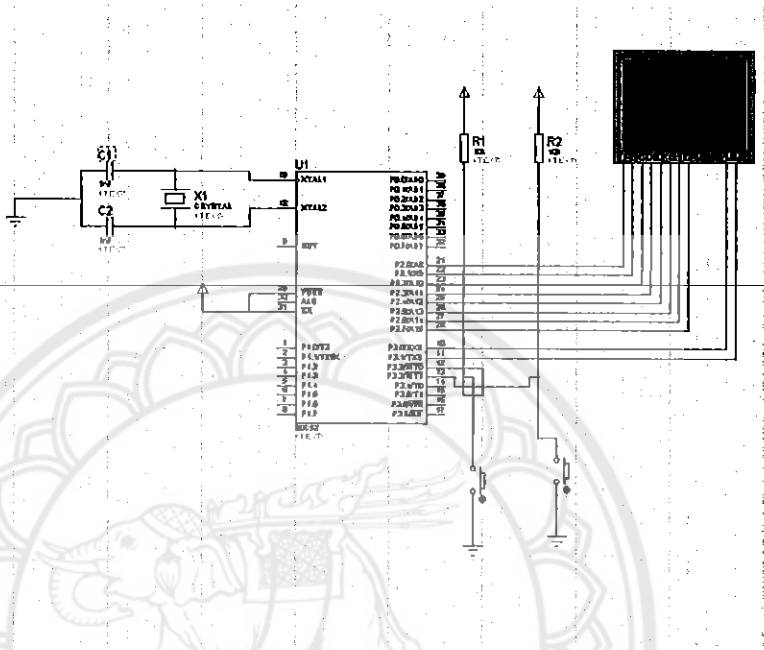
วงจรนับเวลาใช้สำหรับการนับเวลาของเครื่องช่วยหัดเดินเมื่อเริ่มเปิดสวิตช์ทำงาน เพื่อให้รู้ว่าในการทำกายภาพบำบัดในแต่ละครั้งจะได้เวลาเท่าไรเพื่อจะได้เก็บไว้เป็นข้อมูลในการทำกายภาพบำบัดในครั้งต่อไป วงจรนับเวลานั้นจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมและเก็บข้อมูลในการนับเวลาและจะส่งข้อมูลไปแสดงผลที่ตัวแสดงผลเจ็ดส่วนดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แสดงวงจรนับเวลา

3.3.2 วงจรวัดระยะทาง

วงจรวัดระยะทาง เป็นวงจรวัดระยะทางของเครื่องช่วยหัดเดินเมื่อมอเตอร์เริ่มทำงาน เพื่อจะได้เป็นข้อมูลเก็บไว้ว่าในการทำกายภาพบำบัดในแต่ละครั้งจะได้ระยะทางในการเดินได้กี่เซนติเมตรหรือกี่เมตร

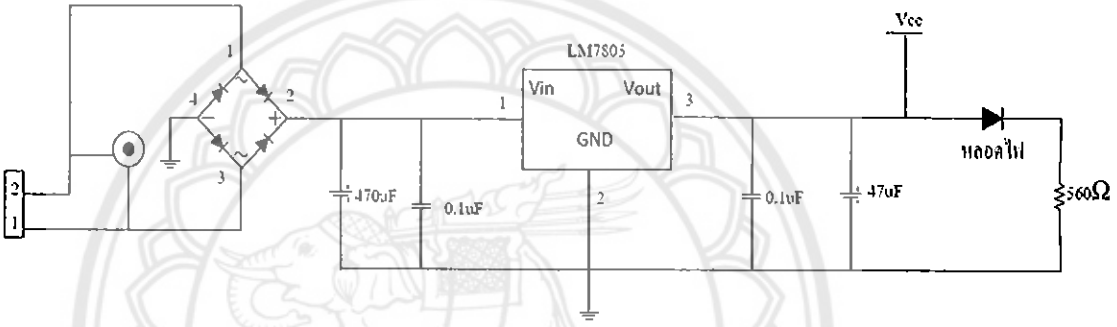


รูปที่ 3.6 แสดงวงจรวัดระยะทาง

จากรูปที่ 3.6 หลักการทำงานของวงจรวัดระยะทางคือ ในการออกแบบวงจรในโปรแกรมจะใช้สวิตช์แทนตัวเอ็นโค้ดเดอร์เชื่อมตัวกับ P3.2 และ P3.3 ถ้ากดสวิตช์ 1 ครั้งตัวแสดงผลเจ็ดส่วนก็จะแสดงผลเป็นเลข 1 แต่ในเครื่องช่วยหัดเดินจะวัดระยะทางเป็นเมตรจากการที่ได้วัดเส้นรอบล้อเครื่องช่วยหัดเดินแล้วสามารถได้ค่าพัลส์ออกมาต่อเมตรเท่ากับ 52 พัลส์ นั่นก็คือต้องกดสวิตช์ 52 ครั้งถึงจะแสดงระยะทาง 1 เมตร

3.3.3 วงจรแปลงไฟกระแสตรง 5 โวลต์

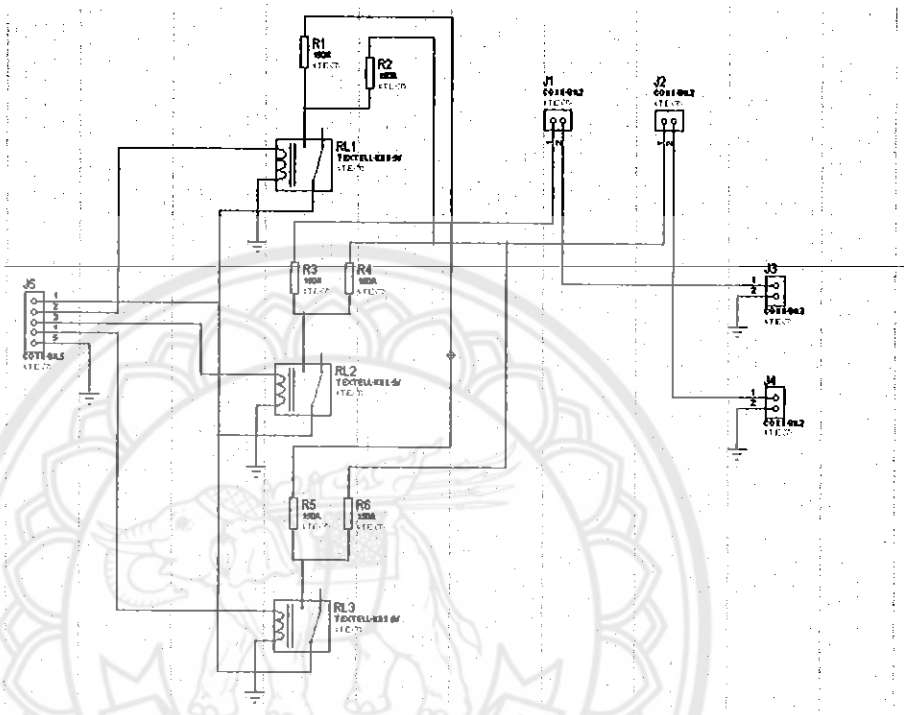
วงจรแปลงไฟ คือ วงจรแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์แปลงไฟฟ้าจากกระแสสลับ 220 โวลต์ เป็นกระแสตรง 9 โวลต์ จ่ายไฟผ่านวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์เพื่อป้องกันการสลับขั้วของแหล่งจ่าย และต่อตัวเก็บประจุขนาด 470 ไมโครฟารัด เพื่อให้แรงดันที่ออกมามีค่าคงที่มากขึ้นและเป็นอินพุตของไอซีหมายเลข 7805 ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวคุมค่าแรงดัน ทำให้ได้เอาท์พุตเป็นแรงดันกระแสตรงขนาด 5โวลต์ เพื่อจ่ายเป็นไฟเลี้ยงให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ แสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 วงจรแปลงไฟกระแสตรง 5 โวลต์

3.3.4 วงจรขับมอเตอร์

ใช้ในการขับมอเตอร์ให้มอเตอร์เกิดการหมุน การทำงานของวงจรขับมอเตอร์นั้นจะเหมือนกับการทำงานของสวิตช์ปิดเปิดตามสัญญาณที่ชุดควบคุมส่งออกมาและใช้ในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์



รูปที่ 3.8 วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์

จากรูปที่ 3.8 ในส่วนของวงจรขับมอเตอร์ของเครื่องช่วยหัดเดินนั้นจะใช้รีเลย์เป็นอุปกรณ์หลักในการขับมอเตอร์ทั้ง 3 ระดับนั่นจะใช้รีเลย์ทั้งหมด 3 ตัว ในการขับมอเตอร์ทั้ง 3 ระดับ และจะใช้ตัวต้านทานกระเบื้องในการลดความต้านทานของแต่ละระดับด้วย

บทที่ 4

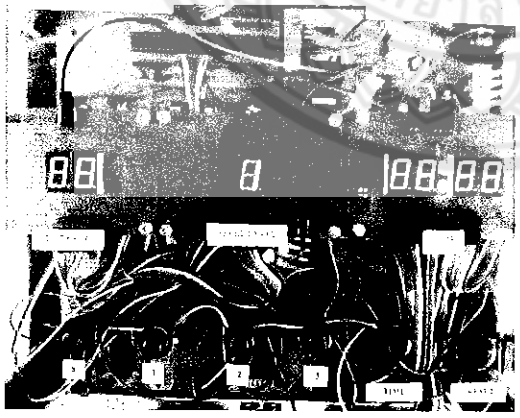
ผลการทดลอง

หลังจากที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีหลักการทำงานและได้ลงมือสร้างเครื่องช่วยหัดเดินโดยในบทนี้จะเป็นการทดสอบการทำงานของเครื่องช่วยหัดเดินโดยได้แบ่งการทดสอบออกเป็น 4 หัวข้อ ดังนี้

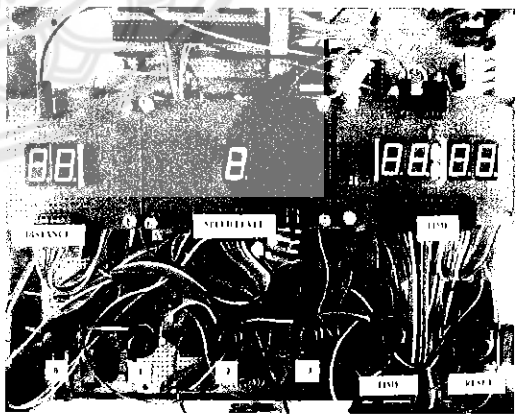
1. ทดลองความสามารถในการปรับระดับความเร็ว 3 ระดับ ในระยะทาง 10 เมตร
2. ทดลองความสามารถในการวัดระยะทาง 10 เมตร
3. ทดลองวงจรนับเวลาของเครื่องช่วยหัดเดิน
4. ทดสอบความเบี่ยงเบนในการเดินของเครื่องช่วยหัดเดินในระยะทาง 10 เมตร

4.1 ทดลองความสามารถในการปรับระดับความเร็ว 3 ระดับ ในระยะทาง 10 เมตร

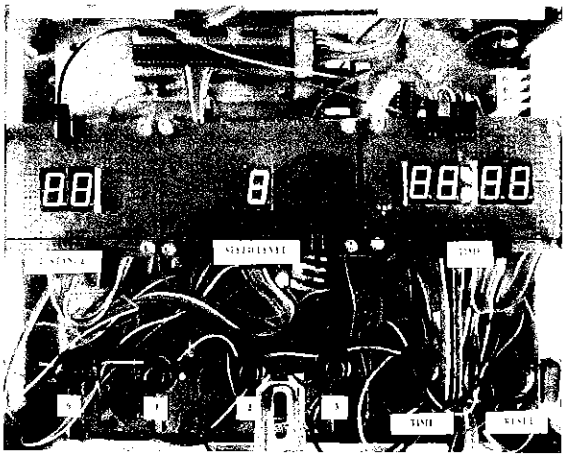
ในทดลองความสามารถในการปรับระดับความเร็ว 3 ระดับในระยะทาง 10 เมตร จะทำการทดลองโดยจะเดินเครื่องช่วยหัดเดินไปในระยะทาง 10 เมตร โดยจะเริ่มจากความเร็วในระดับที่ 1 ทำการทดลองจนครบ 5 ครั้ง แล้วก็เริ่มทำการทดลองในความเร็วระดับที่ 2 และ 3 จนครบ 5 ครั้ง เพื่อจะดูว่าเวลาในการเดินเครื่องตั้งแต่จุดเริ่มต้นไปจนถึงระยะทาง 10 เมตร จะใช้เวลาในการเดินเครื่องทั้ง 3 ระดับเป็นเวลากี่วินาที ดังตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แสดงค่าเวลาในความเร็วระดับที่ 1



รูปที่ 4.2 แสดงค่าเวลาในความเร็วระดับที่ 2



รูปที่ 4.3 แสดงค่าเวลาในความเร็วระดับที่ 3

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองความสามารถในการปรับระดับความเร็ว 3 ระดับ ใน ระยะทาง 10 เมตร

ระดับความเร็ว	เวลา (วินาที)					เวลาเฉลี่ย (วินาที)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	
1	81	81	81	81	81	81
2	62	62	62	62	62	62
3	42	42	42	42	42	42

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองที่แสดงในตารางที่ 4.1 แสดงผลการปรับระดับความเร็วทั้ง 3 ระดับ ใน ระยะทาง 10 เมตร สามารถคำนวณหาค่าเฉลี่ยเวลาในแต่ละระดับความเร็วได้ดังนี้

ความเร็วระดับที่ 1

$$\frac{81+81+81+81+81}{5} = 81$$

ความเร็วเฉลี่ยในระยะทาง 10 เมตรของระดับที่ 1 คือ 81 วินาที

ดังนั้นในเวลา 81 วินาที เครื่องช่วยหัดเดินจะเดินได้ในระยะทาง 10 เมตร

แต่ถ้าในเวลา 1 วินาที เครื่องช่วยหัดเดินจะเดินได้ในระยะทาง $\frac{10}{81} = 0.12$ เมตรต่อวินาที

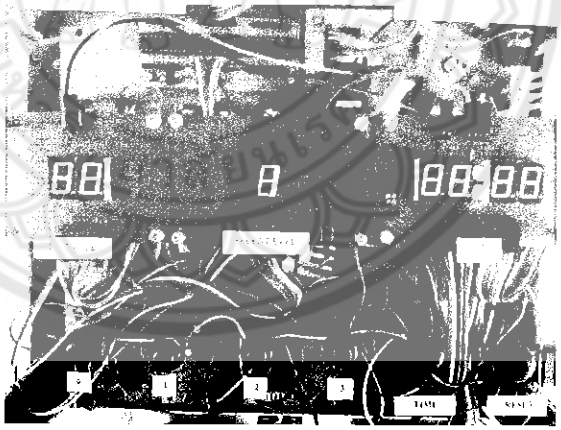
ดังนั้นในเวลา 1 นาที เครื่องช่วยหัดเดินจะเดินได้ในระยะทาง $0.12 \times 60 = 7.2$ เมตรต่อนาที

จากการคำนวณหาค่าเฉลี่ยของความเร็วทั้ง 3 ระดับ สามารถสรุปผลการทดลองได้ว่า ภายในเวลา 1 นาทีเครื่องช่วยหัดเดินโดยใช้ความเร็วในระดับที่ 1 สามารถเดินได้ในระยะทาง 7.2 เมตรต่อนาที ใช้ความเร็วในระดับที่ 2 สามารถเดินได้ในระยะทาง 9.6 เมตรต่อนาทีและใช้ความเร็วในระดับที่ 3 สามารถเดินได้ในระยะทาง 14.4 เมตรต่อนาที

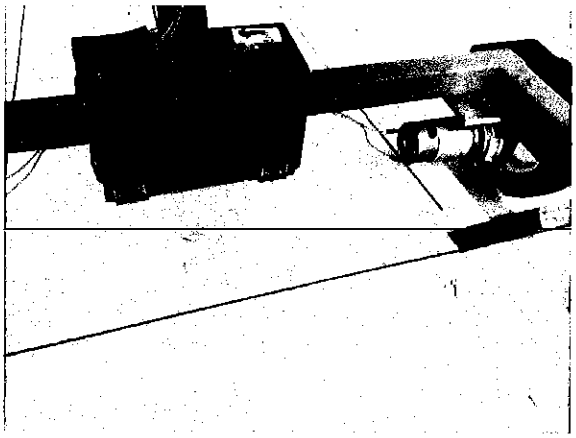
หมายเหตุ ถ้าเคลื่อนที่โดยมีผู้ใช้ควบคุมไปด้วยอาจจะทำให้การเคลื่อนที่ของเครื่องช่วยหัดเดินช้าลงและเวลาในการเคลื่อนที่แต่ละครั้งก็จะไม่เท่ากันเพราะว่าน้ำหนักตัวของผู้ใช้และน้ำหนักแรงกดเท้าในการเดินแต่ละก้าวไม่เท่ากันในการเคลื่อนที่แต่ละครั้ง ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าผู้ใช้เครื่องช่วยหัดเดินมีผลต่อการทำให้เวลาในการเคลื่อนที่แต่ละครั้งจะไม่เท่ากัน

4.2 ทดลองความสามารถในการวัดระยะทาง 10 เมตร

ในการทดสอบความสามารถในการวัดระยะทาง 10 เมตร ระหว่างทดสอบเดินเครื่องช่วยหัดเดินแล้วทำการวัดระยะทางโดยเปรียบเทียบกับระยะทางที่ใช้ตลับเมตรวัดไว้ในระยะทาง 10 เมตร เพื่อจะทดสอบดูความแม่นยำของวงจรวัดระยะทางของเครื่องช่วยหัดเดินว่ามีค่าที่วัดได้ตรงกับค่าที่ใช้ตลับเมตรวัดไว้หรือไม่ โดยจะแบ่งการทดลองในวงจรวัดระยะทางออกเป็น 5 ครั้ง ดังตารางที่ 4.2



รูปที่ 4.4 แสดงผลในการวัดระยะทาง 10 เมตร ของเครื่องช่วยหัดเดินโดยใช้ความระดับที่ 1



รูปที่ 4.5 แสดงผลที่วัดจากตลับเมตรในระยะทาง 10 เมตร

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดสอบความสามารถในการวัดระยะทาง 10 เมตร

ครั้งที่	ระยะทางที่เครื่องช่วยหัดเดินวัดได้ (เมตร)
1	10
2	10
3	10
4	10
5	10
เฉลี่ย	10

สรุปผลการทดลอง

จากตารางที่ 4.2 แสดงผลการวัดระยะทางของเครื่องช่วยหัดเดินเมื่อเทียบกับระยะทาง 10 เมตร สามารถคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของระยะทางที่ทำการทดลองวัดได้ดังนี้

$$\frac{10+10+10+10+10}{5} = 10$$

ค่าเฉลี่ยของระยะทางที่วัดได้ 10 เมตร

$$\text{ค่าความคลาดเคลื่อนของระยะทาง} = \frac{\left|\text{ค่าที่กำหนดไว้} - \text{ค่าที่วัดได้}\right|}{\text{ค่าที่กำหนดไว้}} \times 100\%$$

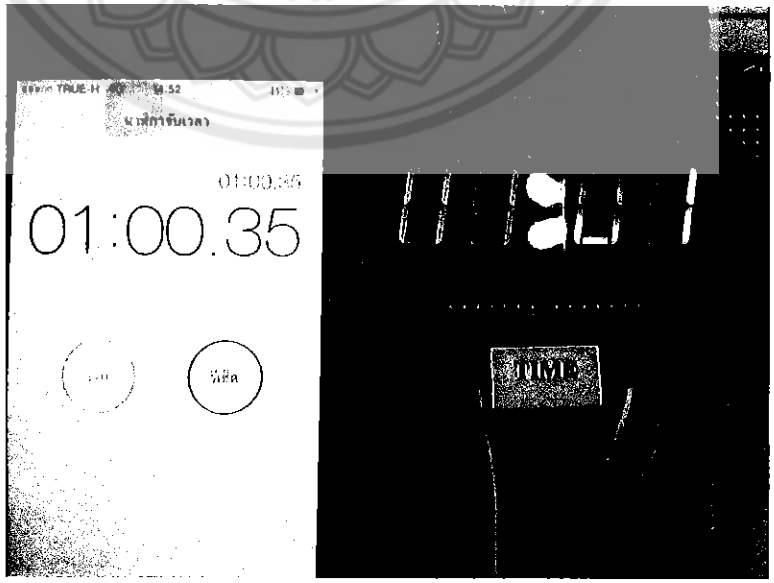
$$= \frac{\left|10-10\right|}{10} \times 100\%$$

$$= 0\ \%$$

จากผลการทดลองสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้ เนื่องจากวงจรวัดระยะทางจะใช้เอ็นโค้ดเดอร์เป็นตัววัดระยะทาง โดยจะใช้วิธีการนับจำนวนพัลส์แล้วป้อนสัญญาณไปที่เอ็นโค้ดเดอร์ ทำให้ระหว่างที่ทำการนับจำนวนพัลส์อาจเกิดค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนได้เป็นหน่วยเซนติเมตร แต่วงจรวัดระยะทางของเครื่องช่วยหัดเดินจะนับจำนวนพัลส์แล้วแสดงผลหน้าจอเป็นหน่วยเมตร จึงทำให้เห็นว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนจากการทดลองเป็น 0 %

4.3 ทดลองวงจรนับเวลาของเครื่องช่วยหัดเดิน

ในการทดสอบวงจรนับเวลาของเครื่องช่วยหัดเดินโดยจะทดสอบว่าวงจรนับเวลาของเครื่องช่วยหัดเดินเมื่อเริ่มทำการนับเวลาแล้วทำการทดลองเทียบกับวงจรนับเวลาในโทรศัพท์มือถือภายใน 60 วินาที เพื่อจะดูว่าค่าของวงจรนับเวลาของเครื่องช่วยหัดเดินมีค่าความคลาดเคลื่อนเท่าไรเมื่อเมื่อเทียบกับค่าในโทรศัพท์มือถือภายใน 60 วินาที โดยจะทำการทดสอบวงจรนับเวลาเป็น 5 ครั้ง ดังในตารางที่ 4.3



รูปที่ 4.6 แสดงผลการนับเวลาเทียบกับโทรศัพท์มือถือ

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดลองความสามารถในการนับเวลา

เวลาที่วัดจากนาฬิกาโทรศัพท์ (วินาที)	เวลาที่วัดจากเครื่องช่วยหัดเดิน (วินาที)
60	61
60	61
60	61
60	61
60	61
เฉลี่ย	61

สรุปผลการทดลอง

จากตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดสอบวงจรนับเวลาของเครื่องช่วยหัดเดิน **โดยเทียบที่เวลา 60 วินาที**ของโทรศัพท์มือถือ สามารถคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าเปอร์เซ็นต์ความ**คลาดเคลื่อนของวงจรนับ**เวลาที่ทำการทดลองนับค่าได้ดังนี้

$$\frac{61+61+61+61+61}{5} = 61$$

ค่าเฉลี่ยของวงจรนับเวลาที่วัดได้ 61 วินาที

$$\text{ค่าความคลาดเคลื่อนของวงจรนับเวลา} = \frac{\left|\text{ค่าที่กำหนดไว้} - \text{ค่าที่วัดได้}\right|}{\text{ค่าที่กำหนดไว้}} \times 100\%$$

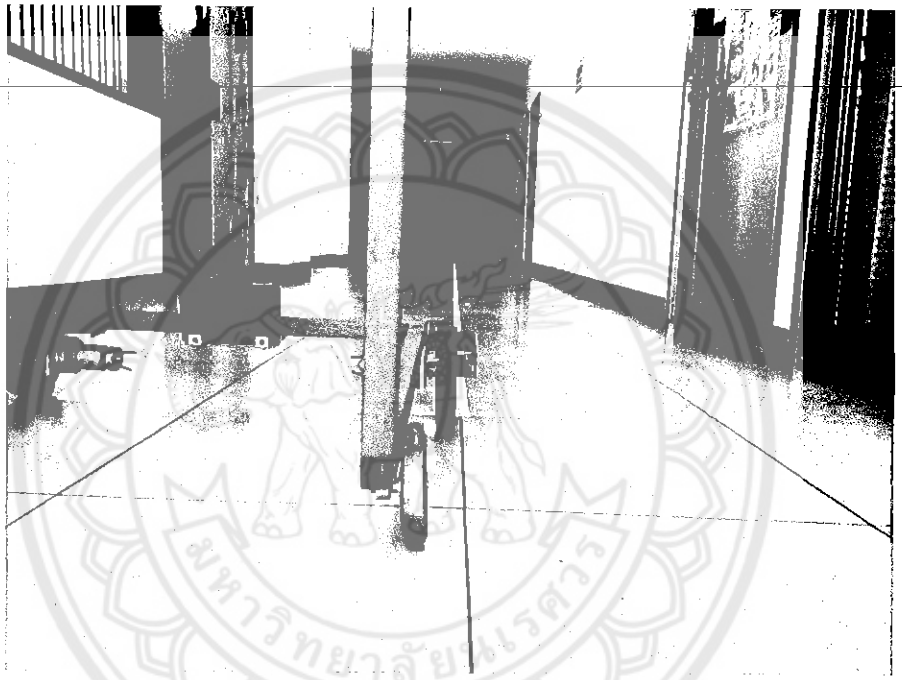
$$= \frac{\left|61-60\right|}{60} \times 100\%$$

$$= 1.67\%$$

จากการทดลองวงจรนับเวลาของเครื่องช่วยหัดเดินโดยเทียบกับวงจรนับเวลาในโทรศัพท์มือถือภายในเวลา 60 วินาที โดยมีค่าเฉลี่ยการนับเวลาอยู่ที่ 61 วินาที ทำให้มีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของวงจรนับเวลาอยู่ที่ 1.67%

4.4 ทดสอบความเบี่ยงเบนในการเดินของเครื่องช่วยหัดเดินในระยะทาง 10 เมตร

ในการทดสอบความเบี่ยงเบนในการเดินของเครื่องช่วยหัดเดินในระยะทาง 10 เมตร จะทำการทดลองโดยจะใช้ล้อหน้าข้างขวาเป็นล้อที่ใช้ในการวัดความเบี่ยงเบนของเครื่องช่วยหัดเดิน โดยจะทดลองเดินเครื่องช่วยหัดเดินไปในระยะทาง 10 เมตร แล้วก็ทำการวัดค่าความเบี่ยงเบนจากเส้นสีขาวมาที่ล้อหน้าด้านขวาของเครื่องช่วยหัดเดิน ซึ่งแสดงในรูปที่ 4.7 โดยจะแบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง การทดลองละ 5 ครั้ง



รูปที่ 4.7 แสดงเส้นทางในการเดินเครื่องช่วยหัดเดิน

รูปที่ 4.8 แสดงค่าความเบี่ยงเบนของเครื่องช่วยหัดเดิน (เคลื่อนที่เองโดย**ไม่มีคนจับ**)โดยใช้**ความเร็**วระดับที่ 1

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดสอบความเบี่ยงเบนในการเดินของเครื่**องช่วยหัดเดินใน ระยะทา**ง 10 เมตร (เคลื่อนที่เองโดยไม่มีคนจับ)โดยใช้ความเร็วระดับที่ 1

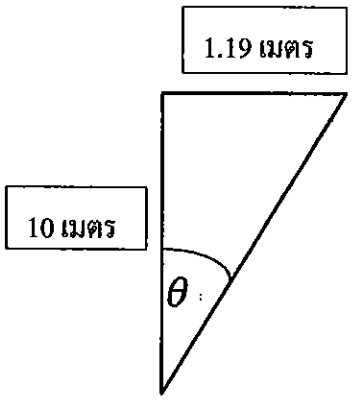
ครั้งที่	ระยะความเบี่ยงเบน (เมตร)	มุม (องศา)
1	1.15	6.56
2	1.17	6.67
3	1.23	7.01
4	1.17	6.67
5	1.23	7.01
ค่าเฉลี่ย	1.19	6.79

สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบความเบี่ยงเบนในการเดินของเครื่องช่วยหัดเดินในระยะทาง 10 เมตร (เคลื่อนที่เองโดยไม่มีคนจับ)โดยใช้ความเร็วระดับที่ 1 สามารถคำนวณหาค่าเฉลี่ยและคำนวณหาความคลาดเคลื่อนว่าเป็นมุมกี่องศา

$$\frac{1.15+1.17+1.23+1.17+1.23}{5} = 1.19$$

ค่าเฉลี่ยที่วัดได้คือ 1.19 เมตร



รูปที่ 4.9 แสดงการหามุมความเบี่ยงเบนของเครื่องช่วยหัดเดินในระยะทาง 10 เมตร (เคลื่อนที่เองโดยไม่มีคนจับ)โดยใช้ความเร็วระดับที่ 1

สูตรหาสามเหลี่ยมมุมฉาก

$$\theta = \tan^{-1}\frac{\text{ข้าม}}{\text{ชิด}}$$

$$\theta = \tan^{-1}\frac{1.19}{10}$$

$$\theta = 6.79 \text{ องศา}$$

ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน $= \frac{6.79}{360} \times 100\%$

$= 1.89\%$

จากการทดสอบความเบี่ยงเบนในการเดินของเครื่องช่วยหัดเดินในระยะทาง 10 เมตร (เคลื่อนที่เองโดยไม่มีคนจับ)โดยใช้ความเร็วในระดับที่ 1 จะพบว่าความเบี่ยงเบนในการเดินของเครื่องช่วยหัดเดินที่เกิดขึ้นนั้นเพราะว่ามอเตอร์ทั้ง 2 ข้างหมุนไม่เท่ากันจึงทำให้เวลาทำการเดินเครื่องช่วยหัดเดินในระยะทาง 10 เมตรเกิดความเบี่ยงเบนขึ้นที่ค่าเฉลี่ย 1.19 เมตร ทำมุม 6.79 องศา

รูปที่ 4.10 แสดงค่าความเบี่ยงเบนของเครื่องช่วยหัดเดิน (เคลื่อนที่เองโดยไม่มีคนจับ)โดยใช้ความเร็วระดับที่ 2

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการทดสอบความเบี่ยงเบนในการเดินของเครื่องช่วยหัดเดินในระยะทาง 10 เมตร (เคลื่อนที่โดยไม่มีคนจับ) โดยใช้ความเร็วระดับที่ 2

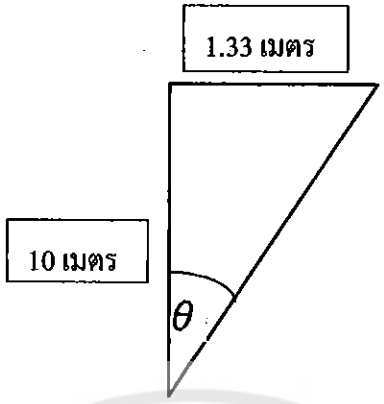
ครั้งที่	ระยะความเบี่ยงเบน (เมตร)	มุม (องศา)
1	1.32	7.52
2	1.35	7.69
3	1.34	7.63
4	1.29	7.35
5	1.34	7.63
ค่าเฉลี่ย	1.33	7.58

สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบความเบี่ยงเบนในการเดินของเครื่องช่วยหัดเดินในระยะทาง 10 เมตร (เคลื่อนที่โดยไม่มีคนจับ)โดยใช้ความเร็วระดับที่ 2 สามารถคำนวณหาค่าเฉลี่ยและคำนวณหาความคลาดเคลื่อนว่าเป็นมุมกี่องศา

$$\frac{1.32+1.35+1.34+1.29+1.34}{5} = 1.33$$

ค่าเฉลี่ยที่วัดได้คือ 1.33 เมตร



รูปที่ 4.11 แสดงการหามุมความเบี่ยงเบนของเครื่องช่วยหัดเดินในระยะทาง 10 เมตร (เคลื่อนที่โดยไม่มีคนจับ)โดยใช้ความเร็วระดับที่ 2

สูตรหาสามเหลี่ยมมุมฉาก

$$\theta = \tan^{-1}\frac{\text{ข้าม}}{\text{ชิด}}$$

$$\theta = \tan^{-1}\frac{1.33}{10}$$

$$\theta = 7.58 \text{ องศา}$$

ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน $= \frac{7.58}{360} \times 100\%$

$= 2.11\%$

จากการทดสอบความเบี่ยงเบนในการเดินของเครื่องช่วยหัดเดินในระยะทาง 10 เมตร (เคลื่อนที่เองโดยไม่มีคนจับ)โดยใช้ความเร็วในระดับที่ 2 จะพบว่าความเบี่ยงเบนในการเดินของเครื่องช่วยหัดเดินที่เกิดขึ้นนั้นเพราะว่ามอเตอร์ทั้ง 2 ข้างหมุนไม่เท่ากันจึงทำให้เวลาทำการเดินเครื่องช่วยหัดเดินในระยะทาง 10 เมตรเกิดความเบี่ยงเบนขึ้นที่ค่าเฉลี่ย 1.33 เมตร ทำมุม 7.58 องศา

รูปที่ 4.12 แสดงค่าความเบี่ยงเบนของเครื่องช่วยหัดเดิน (เคลื่อนที่เองโดยไม่มีคนจับ)โดยใช้ความเร็วระดับที่ 3

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการทดสอบความเบี่ยงเบนในการเดินของเครื่องช่วยหัดเดินในระยะทาง 10 เมตร (เคลื่อนที่โดยไม่มีคนจับ) โดยใช้ความเร็วระดับที่ 3

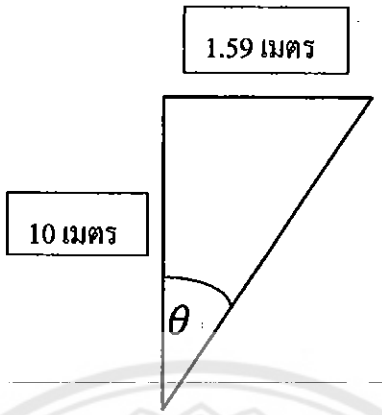
ครั้งที่	ระยะความเบี่ยงเบน (เมตร)	มุม (องศา)
1	1.55	8.81
2	1.56	8.87
3	1.55	8.81
4	1.65	9.37
5	1.64	9.31
ค่าเฉลี่ย	1.59	9.03

สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบความเบี่ยงเบนในการเดินของเครื่องช่วยหัดเดินในระยะทาง 10 เมตร (เคลื่อนที่โดยไม่มีคนจับ)โดยใช้ความเร็วระดับที่ 3 สามารถคำนวณหาค่าเฉลี่ยและคำนวณหาความคลาดเคลื่อนว่าเป็นมุมกี่องศา

$$\frac{1.55+1.56+1.55+1.65+1.64}{5} = 1.59$$

ค่าเฉลี่ยที่วัดได้คือ 1.59 เมตร



รูปที่ 4.13 แสดงการหามุมความเบี่ยงเบนของเครื่องช่วยหัดเดินในระยะทาง 10 เมตร (เคลื่อนที่โดยไม่มีคนจับ)โดยใช้ความเร็วระดับที่ 3

สูตรหาสามเหลี่ยมมุมฉาก

$$\theta = \tan^{-1}\frac{\text{ข้าม}}{\text{ชิด}}$$

$$\theta = \tan^{-1}\frac{1.59}{10}$$

$$\theta = 9.03 \text{ องศา}$$

ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน $= \frac{9.03}{360} \times 100\%$

$= 2.51\%$

จากการทดสอบความเบี่ยงเบนในการเดินของเครื่องช่วยหัดเดินในระยะทาง 10 เมตร (เคลื่อนที่เองโดยไม่มีคนจับ)โดยใช้ความเร็วในระดับที่ 3 จะพบว่าความเบี่ยงเบนในการเดินของเครื่องช่วยหัดเดินที่เกิดขึ้นนั้นเพราะว่ามอเตอร์ทั้ง 2 ข้างหมุนไม่เท่ากันจึงทำให้เวลาทำการเดินเครื่องช่วยหัดเดินในระยะทาง 10 เมตรเกิดความเบี่ยงเบนขึ้นที่ค่าเฉลี่ย 1.59 เมตร ทำมุม 9.03 องศา

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษา ออกแบบ ทดสอบ และปรับปรุงชิ้นงานขึ้นเป็นเครื่องช่วยหัดเดินโดยใช้ระยะเวลาดำเนินโครงงาน 2 ภาคการศึกษาทำให้ทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทำงานของเครื่องช่วยหัดเดิน สำหรับบทนี้เป็นการสรุปผลที่ได้จากการทดลองโครงงาน พร้อมเสนอแนะแนวทางการนำโครงงานนี้ไปพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นต่อไป

5.1 สรุปผลการทดลองการทำงานของเครื่องช่วยหัดเดิน

จากการทดลองการทำงานของเครื่องช่วยหัดเดิน พบว่า

1. จากการทดลองความสามารถในการปรับระดับความเร็ว 3 ระดับของเครื่องช่วยหัดเดินในระยะทาง 10 เมตร ทำให้ได้ค่าเวลาเฉลี่ยในระดับที่ 1 เท่ากับ 81 วินาที ค่าเวลาเฉลี่ยในระดับที่ 2 เท่ากับ 62 วินาที และค่าเวลาเฉลี่ยในระดับที่ 3 เท่ากับ 42 วินาที แล้วจากการทดลองยังทำให้ทราบว่าภายในเวลา 1 นาที โดยใช้ความเร็วในระดับที่ 1 เครื่องช่วยหัดเดินจะเคลื่อนที่ได้ในระยะทาง 7.2 เมตรต่อนาที ความเร็วในระดับที่ 2 เครื่องช่วยหัดเดินจะเคลื่อนที่ได้ในระยะทาง 9.6 เมตรต่อนาที และในความเร็วในระดับที่ 3 เครื่องช่วยหัดเดินจะเคลื่อนที่ได้ในระยะทาง 14.4 เมตรต่อนาที

2. จากการทดลองความสามารถในการวัดระยะทาง 10 เมตร ของเครื่องช่วยหัดเดินสามารถวัดระยะทางได้ตามที่ผู้ใช้ต้องการแต่อาจจะมีความคลาดเคลื่อนที่มีหน่วยเป็นเซนติเมตร โดยใช้เอ็นโค้ดเดอร์เป็นอุปกรณ์ในการนับจะนับจำนวนพัลส์ตั้งแต่เครื่องช่วยหัดเดินเริ่มทำงานแล้วแสดงผลการทดลองออกทางตัวแสดงผลเจ็ดส่วนที่มีหน่วยเป็นเมตร

3. จากการทดลองวงจรนับเวลาของเครื่องช่วยหัดเดินสามารถนับเวลาได้ตามที่ผู้ใช้ต้องการแล้วแสดงผลการทดลองออกทางตัวแสดงผลเจ็ดส่วน โดยทำการทดลองเทียบกับวงจรนับเวลาในโทรศัพท์มือถือภายใน 60 วินาที แต่วงจรนับเวลาของเครื่องช่วยหัดเดินนับเวลาได้ 61 วินาที ทำให้มีค่าความคลาดเคลื่อน 1.67%

4. จากการทดสอบความเบี่ยงเบนในการเดินของเครื่องช่วยหัดเดินในระยะทาง 10 เมตร (เคลื่อนที่โดยไม่มีคนจับ) โดยใช้ความเร็วในระดับที่ 1 ทำให้รู้ว่าระหว่างทำการทดสอบการทำงานของเครื่องช่วยหัดเดินโดยที่ไม่มีคนจับจะมีค่าความเบี่ยงเบนระหว่างเคลื่อนที่ในระยะทาง 10 เมตร เป็นมุม 6.79 องศา และมีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน 1.89%

5. จากการทดสอบความเบี่ยงเบนในการเดินของเครื่องช่วยหัดเดินในระยะทาง 10 เมตร (เคลื่อนที่โดยไม่มีคนจับ) โดยใช้ความเร็วในระดับที่ 2 ทำให้รู้ว่าระหว่างทำการทดสอบการทำงานของเครื่องช่วยหัดเดินโดยที่ไม่มีคนจับจะมีค่าความเบี่ยงเบนระหว่างเคลื่อนที่ในระยะทาง 10 เมตร เป็นมุม 7.58 องศา และมีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน 2.11%

6. จากการทดสอบความเบี่ยงเบนในการเดินของเครื่องช่วยหัดเดินในระยะทาง 10 เมตร (เคลื่อนที่โดยไม่มีคนจับ) โดยใช้ความเร็วในระดับที่ 3 ทำให้รู้ว่าระหว่างทำการทดสอบการทำงานของเครื่องช่วยหัดเดินโดยที่ไม่มีคนจับจะมีค่าความเบี่ยงเบนระหว่างเคลื่อนที่ในระยะทาง 10 เมตร เป็นมุม 9.03 องศา และมีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน 2.51%

7. จากการทดสอบความเบี่ยงเบนในการเดินของเครื่องช่วยหัดเดินในระยะทาง 10 เมตร (เคลื่อนที่เองโดยไม่มีคนจับ) จะเห็นได้ว่าค่าความเบี่ยงเบนที่ได้จากการทดลองทั้ง 3 ระดับความเร็ว จะมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น

8. จากการทดสอบความเบี่ยงเบนในการเดินของเครื่องช่วยหัดเดินในระยะทาง 10 เมตร (เคลื่อนที่เองโดยไม่มีคนจับ) ถ้ามีผู้ใช้ไปด้วยอาจะทำให้ค่าความเบี่ยงเบนในการเดินลดน้อยลง เพราะว่าผู้ใช้จะต้องควบคุมทิศทางในการเดินให้ตรงอยู่เสมอแต่ก็อาจจะมีค่าความเบี่ยงเบนอยู่บ้าง

5.2 ปัญหาและการแก้ไข

1. โครงสร้างที่ใช้ในการทำเครื่องช่วยหัดเดินเป็นเหล็กจึงทำให้เครื่องช่วยเดินนั้นมีน้ำหนักมาก จึงทำให้การเคลื่อนที่ช้าต่อการใช้งานและพกพาลำบาก การแก้ไขโดยใช้วัสดุที่มีขนาดเบากว่า เช่น สแตนเลสหรืออะลูมิเนียม แต่จะมีราคาแพงกว่าเหล็ก

2. เครื่องช่วยหัดเดินสามารถใช้ได้ในเฉพาะบริเวณพื้นที่ผิวเรียบเท่านั้น ไม่สามารถใช้ในบริเวณที่ผิวขรุขระ วิธีการแก้ไขค่อนข้างที่จะยากเพราะว่าถ้าให้ผู้ป่วยใช้เครื่องช่วยหัดเดินในบริเวณที่มีผิวขรุขระอาจจะทำให้เกิดอันตรายขึ้นก็ได้

3. วัสดุที่นำมาใช้ทำโครงสร้างเป็นเหล็กจะสามารถเกิดสนิมได้ดังนั้นวิธีการแก้ไขโดยการทาสีโครงสร้างเพื่อลดการเกิดสนิมลง

4. สายไฟที่ใช้ในการเชื่อมต่อภายในบอร์ดอาจจะหลุดได้ง่าย วิธีการแก้ไขคือใช้กาวอัดสายที่ต่อกับบอร์ดให้มีความแน่นหนากันหลุด

5. การติดตั้งเอ็นโค้ดเดอร์กับจานเอ็นโค้ดเดอร์ ถ้าติดตั้งไม่มั่นคงและในแนวทิศทางที่ไม่ตรงกันจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนต่อระยะทางที่วัดได้ วิธีการแก้ไขคือ ติดตั้งเอ็นโค้ดเดอร์กับ

จานเอ็นโค้ดเดอร์ให้มีความมั่นคงและให้มีศูนย์กลางระหว่างจานเอ็นโค้ดเดอร์กับตัวเอ็นโค้ดเดอร์ให้ตรงกัน

6. การเลี้ยวของเครื่องช่วยหัดเดินจะเลี้ยวค่อนข้างที่จะยากเพราะล้อข้างท้ายจะเป็นล้อที่ไม่ใช่ล้ออิสระแต่ถ้าใช้ล้ออิสระก็จะทำให้ยากต่อการควบคุมในทางตรง

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา

จากปัญหาที่พบในเครื่องช่วยเดิน คือ เครื่องช่วยเดินมีน้ำหนักมากและเคลื่อนที่ได้บนพื้นที่เรียบเท่านั้นจึงต้องมีการศึกษาแนวทางวิธีในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นเพื่อเป็นการพัฒนาของเครื่องช่วยเดินซึ่งเป็นการพัฒนาในลักษณะดังต่อไปนี้

1. เนื่องจากเครื่องช่วยหัดเดินมีโครงสร้างทำมาจากเหล็กจึงทำให้มีน้ำหนักมาก การพัฒนาโดยการลดน้ำหนักของเครื่องช่วยหัดเดินลงโดยใช้วัสดุที่มีขนาดเบาและแข็งแรงอย่างเช่น สแตนเลสหรืออะลูมิเนียม

2. เนื่องจากวงจรวัดระยะทางของเครื่องช่วยหัดเดินมีการวัดระยะทางที่มีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้าง ถ้ามีการประยุกต์ทำให้เครื่องช่วยเดินสามารถวัดระยะทางได้อย่างแม่นยำได้ทั้งบริเวณพื้นที่ผิวเรียบและผิวขรุขระ

3. พัฒนาระบบควบคุมทั้งหมดของเครื่องช่วยหัดเดินให้มีขนาดเล็กลงและสามารถใช้งานได้อย่างสะดวกมากขึ้น

4. โครงงานนี้สามารถพัฒนาต่อยอดให้มีฟังก์ชั่นในการใช้งานให้มากขึ้นเช่น วัดอัตราการเต้นของหัวใจ วัดความดัน เป็นต้น เพื่อที่จะได้ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งาน

เอกสารอ้างอิง

[1] http://202.129.59.73/tn/motor10-52/ สืบค้นเมื่อวันที่ 16 กรกฎาคม 2556

[2] http://202.129.59.73/tn/motor10-52/motor1.htm สืบค้นเมื่อวันที่ 16 กรกฎาคม 2556

[3] http://202.129.59.73/tn/motor10-52/motor2.htm สืบค้นเมื่อวันที่ 16 กรกฎาคม 2556

[4] http://202.129.59.73/tn/motor10-52/motor3.htm สืบค้นเมื่อวันที่ 16 กรกฎาคม 2556

[5] http://adisak-diy.com/page21.html สืบค้นเมื่อวันที่ 16 กรกฎาคม 2556

[6] http://wara.com/article-861.html สืบค้นเมื่อวันที่ 18 กรกฎาคม 2556

[7] http://www.semi-shop.com/knowledge/knowledge_detail.php?sk_id=73 สืบค้นเมื่อวันที่ 18 กรกฎาคม 2556

[8] http://www.oknation.net/blog/print.php?id=205720 สืบค้นเมื่อวันที่ 18 กรกฎาคม 2556

[9] http://engineeringkowlege.blogspot.com/2013/03/led-7-segment-micro-controller-pic-pic.html สืบค้นเมื่อวันที่ 18 กรกฎาคม 255

[10] http://www.123microcontroller.com/Microcontroller-C-Code-sample/PIC16F877-with-7-segment-and-Timer0-by-Hi-tech-C สืบค้นเมื่อวันที่ 24 กรกฎาคม 2556

[11] http://adisak-diy.com/project07.html สืบค้นเมื่อวันที่ 24 กรกฎาคม 2556

[12] http://www.semi-shop.com/knowledge/knowledge_detail.php?sk_id=75 สืบค้นเมื่อวันที่ 24 กรกฎาคม 2556

[13] http://www.thaiflight.com/mach/modules.php?name=Forums&file=viewtopic&p=78201 สืบค้นเมื่อวันที่ 24 กรกฎาคม 2556

[14] https://sites.google.com/site/thanakornon101/lab-mcs51-01-1 สืบค้นเมื่อวันที่ 24 กรกฎาคม 2556

[15] http://www.bloggang.com/viewdiary.php?id=electronic-circuit&month=09-2011&date=24&group=1&gblog=311 สืบค้นเมื่อวันที่ 28 กรกฎาคม 2556

[16] http://www.eleccircuit.com/measure-the-distance-by-bicycle/ สืบค้นเมื่อวันที่ 28 กรกฎาคม 2556

[17] http://www.vcharkarn.com/vblog/37957/24/n/150232/1 สืบค้นเมื่อวันที่ 28 กรกฎาคม 2556

[18] http://rehab2554.alotspace.com/clinic/walking.php สืบค้นเมื่อวันที่ 14 ตุลาคม 2556

[19] http://www.tsptclinics.com/ สืบค้นเมื่อวันที่ 14 ตุลาคม 2556

[20] http://www.thaijoints.com/?page_id=58 สืบค้นเมื่อวันที่ 14 ตุลาคม 2556

[21] http://dmsrsu.thaikm4u.com/blog/pmr/3 สืบค้นเมื่อวันที่ 14 ตุลาคม 2556

[22] http://windspeedmeter.blogspot.com/ สืบค้นเมื่อวันที่ 14 ตุลาคม 2556

[23] http://www.thaiedurobot.com/article-th-86634-วิธีการต่อใช้งานรีเลย์+5+ขา+และ+6+ขา.html สืบค้นเมื่อ 30 พฤศจิกายน 2556

[24] http://www.reocities.com/p_pirat/mcs51.htm สืบค้นเมื่อ 30 พฤศจิกายน 2556

[25] www.กายภาพบำบัด.com/article/มาดูแลหัวเข่าคุณหลังบาดเจ็บ-ด้วยตัวเองกันเถิด สืบค้นเมื่อ 31 กรกฎาคม 2557

[26] http://www.ams.cmu.ac.th/journal/attachments/article/257/200301014.pdfจากงานวารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่ สืบค้นเมื่อ 3 สิงหาคม 2557

[27] http://www.getece.com/brochure/chart%20battery.pdf สืบค้นเมื่อ 3 สิงหาคม 2557

ภาคผนวก ก

รายละเอียดของโปรแกรมทั้ง 3 วงจร

โปรแกรมการทำงานของวงจรนับเวลา

```
#include<reg51.h>
unsigned char segment[]= { 0x3f,0x06,0x5b,0x4f,0x66,0x6d,0x7d,0x07,0x7f,0x6f }; }; //
ประกาศตัวแปรให้แสดงค่าออกที่ตัวแสดงผลเจ็ดส่วน
unsigned int a,b,c,d,e=0;          // ประกาศตัวแปรให้ a,b,c,d และ e เป็น 0
sbit digit1=P3^5;                  //กำหนดให้ตัวแปร digit1 แทนบิต P3.5
sbit digit2=P3^4;                  //กำหนดให้ตัวแปร digit2 แทนบิต P3.4
sbit digit3=P3^3;                  //กำหนดให้ตัวแปร digit3 แทนบิต P3.3
sbit digit4=P3^2;                  //กำหนดให้ตัวแปร digit4 แทนบิต P3.2
sbit start=P3^0;                   //กำหนดให้ตัวแปร start แทนบิต P3.0
void timer1_isr(void);             //ประกาศสร้างฟังก์ชัน timer1_isr
void delay(void);                  //ประกาศสร้างฟังก์ชัน delay
void main(void)                    //รายระเอียดฟังก์ชัน main
{
 while(1)
 {
 digit1=0;                         // ถ้า digit1 เท่ากับ 0 แสดงว่า digit1 ไม่แสดงผล
 digit2=1;                         // digit2 เท่ากับ 1 แสดงว่า digit2 แสดงผล
 P2=segment[a];                    //ให้ P2 แสดงผลที่ตัวแสดงผลเจ็ดส่วนหลัก a
 digit3=0;                         // ถ้า digit3 เท่ากับ 0 แสดงว่า digit3 ไม่แสดงผล
 digit4=1;                         // ถ้า digit4 เท่ากับ 1 แสดงว่า digit4 แสดงผล
 P1=segment[c];                    //ให้ P3 แสดงผลที่ตัวแสดงผลเจ็ดส่วนหลัก c
 delay ();
 delay ();

 digit1=1;                         // ถ้า digit1 เท่ากับ 1 แสดงว่า digit1 แสดงผล
 digit2=0;                         // digit2 เท่ากับ 0 แสดงว่า digit2 ไม่แสดงผล
```

```
P2=segment[b];                    //ให้ P2 แสดงผลที่ตัวแสดงผลเจ็ดส่วนหลัก b
digit3=1;                         / ถ้า digit3 เท่ากับ 1แสดงว่า digit3 แสดงผล
digit4=0;                         // ถ้า digit4 เท่ากับ 0 แสดงว่า digit4 ไม่แสดงผล
P1=segment[d];                    //ให้ P3 แสดงผลที่ตัวแสดงผลเจ็ดส่วนหลัก d
delay();
if(start==0)                      //ถ้า start เท่ากับ 0
{
TMOD=0x10;
TH1=0x00;
TL1=0x00;
TR1=1;
ET1=1;
EA=1;
}
}
}
void timer_isr(void) interrupt 3  // รายละเอียดฟังก์ชัน interrupt 3
{
e++;                              //ให้ตัวแปร e เพิ่มขึ้น
if(e>9)                           //ถ้าตัวแปร e มากกว่า 9
{
d++;                              //9ตัวแปร d จะเพิ่มขึ้น
e=0;                              // ตัวแปร e เท่ากับ 0
}
else if(d>9)                      //ถ้าตัวแปร d มากกว่า 9
{
c++;                              //ให้ตัวแปร c เพิ่มขึ้น
d=0;                              // ตัวแปร d เท่ากับ 0
```

```
}
 else if(c>5)                          //ถ้าตัวแปร c มากกว่า 5
{
 b++;                                  //ให้ตัวแปร b เพิ่มขึ้น
 c=0;                                  // ตัวแปร c เท่ากับ 0
}
else if(b>9)                           //ถ้าตัวแปร b มากกว่า 9
{
a++;                                   //ให้ตัวแปร a เพิ่มขึ้น
b=0;                                   // ตัวแปร b เท่ากับ 0
}
else if(a>9)                           //ถ้าตัวแปร a มากกว่า 9
{
a=0;                                   //ให้ตัวแปร a เท่ากับ 0
}
TR1=0;
}
void delay(void)                       //รายละเอียดฟังก์ชัน delay
{
unsigned int x;
for(x=0;x<10000;x++);                  //ประกาศฟังก์ชัน for ให้ x เท่ากับ 0 และ xน้อย
กว่า 10000 ให้ x เพิ่มขึ้น
}
```

โปรแกรมการทำงานของวงจรขับมอเตอร์

```
#include<reg51.h>
 #include<intrins.h>
 sbit sw0=P3^0;                    //กำหนดให้ตัวแปร sw0 แทนบิต P3.0
 sbit sw1=P3^1;                    //กำหนดให้ตัวแปร sw1 แทนบิต P3.1
 sbit sw2=P3^2;                    //กำหนดให้ตัวแปร sw2 แทนบิต P3.2
 sbit sw3=P3^3;                    //กำหนดให้ตัวแปร sw3 แทนบิต P3.3
 void main()                       //รายละเอียดฟังก์ชัน main
 {
 while(1)
 {
 if(sw0==0)                        //ถ้า sw0 เท่ากับ 0
 {
  P1=0x01;                         //ให้P1.1 คือสัญญาณออกที่มอเตอร์
  P2=0x3f;                         //ให้ P2 แสดงผลออกทางตัวแสดงผลเจ็ดส่วน
เป็นเลข 0
 }
 if(sw1==0)                        //ถ้า sw1เท่ากับ 0
 {
  P1=0x02;                         //ให้P1.2 คือสัญญาณออกที่มอเตอร์
  P2=0x06;                         //ให้ P2 แสดงผลออกทางตัวแสดงผลเจ็ดส่วน
เป็นเลข 1
}
 if(sw2==0)                        //ถ้า sw2 เท่ากับ 0
 {
 P1=0x04;                          //ให้P1.3 คือสัญญาณออกที่มอเตอร์
```

```
P2=0x5b;                                    //ให้ P2 แสดงผลออกทางตัวแสดงผลเจ็ดส่วน
เป็นเลข 2
}
if(sw3==0)                                  //ถ้า sw3 เท่ากับ 0
{
P1=0x08;                                    //ให้P1.4 คือสัญญาณออกที่มอเตอร์
P2=0x4f;                                    //ให้ P2 แสดงผลออกทางตัวแสดงผลเจ็ดส่วน
เป็นเลข 3
} } }
```

โปรแกรมการทำงานของวงจรวัดระยะทาง

```
#include<reg51.h>
unsigned char segment[]= { 0x3f,0x06,0x5b,0x4f,0x66,0x6d,0x7d,0x07,0x7f,0x6f }; //ประกาศ
ตัวแปรให้แสดงค่าออกที่ตัวแสดงผลเจ็ดส่วน
unsigned  int  i,j =0;                    // ประกาศตัวแปรให้ i และ j เป็น 0
sbit digit1=P3^0;                         //กำหนดให้ตัวแปร digit1 แทนบิต P3.0
sbit digit2=P3^1;                         //กำหนดให้ตัวแปร digit2 แทนบิต P3.1
void external0_isr(void);                 //ประกาศสร้างฟังก์ชัน external0_isr
void delay(void);                         //ประกาศสร้างฟังก์ชัน delay
 void main(void)                          //รายระเอียดฟังก์ชัน main
{
IT0=1;                                    //IT0 เท่ากับ 1ให้ IT0ทำงาน
IT1=1;                                    // IT1 เท่ากับ 1ให้ IT1ทำงาน
EX0=1;                                    // EX0 เท่ากับ 1ให้ EX0ทำงาน
EX1=1;                                    // EX1 เท่ากับ 1ให้ EX1ทำงาน
EA=1;                                     // EA เท่ากับ 1ให้ EA ทำงาน
while(1)
{
 digit1=0;                                // digit1 เท่ากับ 0 แสดงว่า digit1 ไม่แสดงผล
 digit2=1;                                // digit2 เท่ากับ 1 แสดงว่า digit2 แสดงผล
 P2=segment[j];                           //ให้ P2 แสดงผลที่ตัวแสดงผลเจ็ดส่วนหลัก j
 delay();
 digit1=1;                                // digit1 เท่ากับ 1แสดงว่า digit1แสดงผล
 digit2=0;                                // digit2 เท่ากับ 0 แสดงว่า digit2 ไม่แสดงผล
 P2=segment[i];                           //ให้ P2 แสดงผลที่ตัวแสดงผลเจ็ดส่วนหลัก i
 delay();
}
```

```
}
void external0_isr(void) interrupt 0          //รายละเอียดฟังก์ชัน interrupt 0
 {
 if(exInt0 == 51)                             //ถ้าสัญญาณอินพุตเท่ากับ 51 ให้แสดงผล
 {
exInt0 = 0;                                   //ให้ตัวแปร exInt0 เท่ากับ 0
i++;                                          //ให้ตัวแปร i เพิ่มขึ้นเลยๆ

 if(i>9)                                      //ถ้าตัวแปร i มากกว่า 9
 {
 j++;                                         //ให้ตัวแปร j มีค่าเพิ่มขึ้น
 i=0;                                         //ให้ตัวแปรi เท่ากับ 0
 }
 if(j>9)                                      //ถ้าตัวแปร j มากกว่า 9
 {
 j=9;                                         //ให้ตัวแปร j เท่ากับ 9
 i=9;                                         //ให้ตัวแปรi เท่ากับ 9
 }
 }
 exInt0++;                                    //ให้ตัวแปร exInt0 เพิ่มขึ้น
 }
 void delay(void)                             //รายละเอียดฟังก์ชัน delay
{
unsigned int x;                               //ประกาศตัวแปร x
for(x=0;x<10000;x++);}                        //ประกาศฟังก์ชัน for ให้ x เท่ากับ 0 และ xน้อย
กว่า 10000 ให้ x เพิ่มขึ้น
```

ภาคผนวก ข

รายละเอียดของเอ็นโค้ดเดอร์

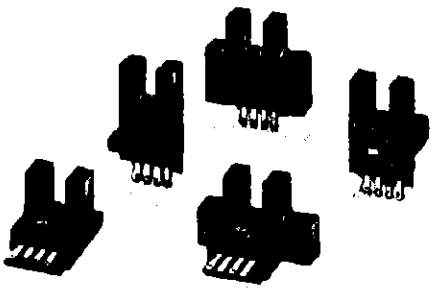
OMRON

Back

Photomicrosensor

EE-SX67/47

Photomicrosensor with 50- to 100-mA Switching Capacity that can be Built into Equipment



- PNP output models newly added.
- Standard, L-shaped, T-shaped, and Close-mounting: Five series of models available.
- Select from thirty output variations, including Light-ON or Dark-ON/Light-ON (selectable) models.
- Response frequency as high as 1 kHz.
- Easy operation monitoring with bright light indicator.
- Wide operating voltage range from 5 to 24 VDC.
- Models (EE-SX□□□A and EE-SX□□□R) with operation indicators that are lit when sensing objects are detected (when light is interrupted) are available.

Ordering Information

Appearance	Sensing method	Sensing distance	Output configuration	Model		Weight
				NPN	PNP	
Standard	Through-beam type (slot type)	5 mm (slot width)	Dark-ON/Light-ON (selectable) *1	EE-SX670 EE-SX670A*2	EE-SX670P EE-SX670R*3	Approx. 3.1 g
			Light-ON	EE-SX470	EE-SX470P	
L-shaped			Dark-ON/Light-ON (selectable) *1	EE-SX671 EE-SX671A*2	EE-SX671P EE-SX671R*3	Approx. 3.0 g
			Light-ON	EE-SX471	EE-SX471P	
T-shaped			Dark-ON/Light-ON (selectable) *1	EE-SX672 EE-SX672A*2	EE-SX672P EE-SX672R*3	Approx. 2.4 g
			Light-ON	EE-SX472	EE-SX472P	
Close-mounting			Dark-ON/Light-ON (selectable) *1	EE-SX673 EE-SX673A*2	EE-SX673P EE-SX673R*3	Approx. 2.3 g
			Light-ON	EE-SX473	EE-SX473P	
Close-mounting			Dark-ON/Light-ON (selectable) *1	EE-SX674 EE-SX674A*2	EE-SX674P EE-SX674R*3	Approx. 3.0 g
			Light-ON	EE-SX474	EE-SX474P	

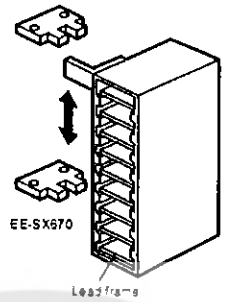
Note: *1. The Dark-ON/Light-ON (selectable) models can be used as Light-ON models when the L terminal and positive (+) terminal are short-circuited. An L terminal and positive (+) terminal short-circuit connector (EE-1001-1) is available.

*2. Models with a suffix "A," such as EE-SX670A, have a Dark-ON indicator that is lit when light is interrupted.

*3. Models with a suffix "R," such as EE-SX670R, have a Dark-ON indicator that is lit when light is interrupted.

Application Example

Detection of Lead Frame Position



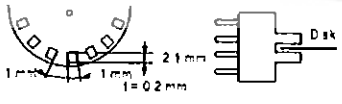
Specifications

■ Ratings

Item	Output	Standard	L-shaped	T-shaped	Close-mounting	
	NPN	EE-SX670 EE-SX670A EE-SX470	EE-SX671 EE-SX671A EE-SX471	EE-SX672 EE-SX672A EE-SX472	EE-SX673 EE-SX673A EE-SX473	EE-SX674 EE-SX674A EE-SX474
	PNP	EE-SX670P EE-SX670R EE-SX470P	EE-SX671P EE-SX671R EE-SX471P	EE-SX672P EE-SX672R EE-SX472P	EE-SX673P EE-SX673R EE-SX473P	EE-SX674P EE-SX674R EE-SX474P
Sensing distance		5 mm (slot width)				
Standard sensing object		Opaque: 2 × 0.8 mm min.				
Differential travel		0.025 mm				
Light source (peak wave length)		GaAs infrared LED (940 nm)				
Receiver		Si phototransistor with a sensing wavelength of 850 nm max.				
Operation indicator (see note 1)		Operation indicator (red) lit with incident (Models with a suffix of "A" or "R" have Dark-ON indicators.)				
Power supply voltage		5 to 24 VDC ±10%, ripple (p-p): 10% max.				
Current consumption		35 mA max. (NPN), 30 mA max. (PNP)				
Control output		NPN open collector output models: At 5 to 24 VDC: 100-mA load current (I_C) with a residual voltage of 0.8 V max. 40-mA load current (I_C) with a residual voltage of 0.4 V max. PNP open collector output models: At 5 to 24 VDC: 50-mA load current (I_C) with a residual voltage of 1.3 V max.				
Response frequency (see note 2)		1 kHz min. (3 kHz average)				

Note: 1. The indicator is GaP red LED (peak emission wavelength: 690 nm).

2. The response frequency was measured by detecting the following rotating disks.

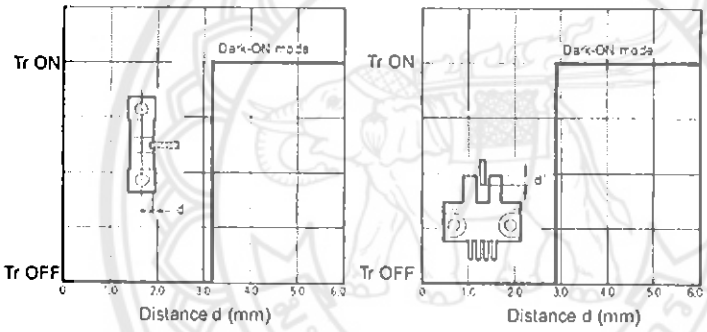


■ Characteristics

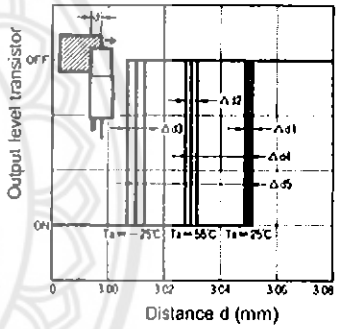
Item	Output	Standard	L-shaped	T-shaped	Close-mounting	
	NPN	EE-SX670 EE-SX670A EE-SX470	EE-SX671 EE-SX671A EE-SX471	EE-SX672 EE-SX672A EE-SX472	EE-SX673 EE-SX673A EE-SX473	EE-SX674 EE-SX674A EE-SX474
	PNP	EE-SX670P EE-SX670R EE-SX470P	EE-SX671P EE-SX671R EE-SX471P	EE-SX672P EE-SX672R EE-SX472P	EE-SX673P EE-SX673R EE-SX473P	EE-SX674P EE-SX674R EE-SX474P
Ambient illumination (on Receiver lens)		Fluorescent light: 1,000 ℓx max.				
Ambient temperature		Operating: −25°C to 55°C Storage: −30°C to 80°C				
Ambient humidity		Operating: 5% to 85% Storage: 5% to 95%				
Vibration resistance		Destruction: 20 to 2,000 Hz, (with a peak acceleration of 10G), 1.5-mm double amplitude for 2 hrs (with 4-minute cycles) each in X, Y, and Z directions				
Shock resistance		Destruction: 500 m/s² (approx. 50G) for 3 times each in X, Y, and Z directions				
Degree of protection		IEC60529 IP50				
Connection method		Connector type (direct soldering possible)				
Weight		Approx. 3.1 g	Approx. 3.0 g	Approx. 2.4 g	Approx. 2.3 g	Approx. 3.0 g
Material		Case: Polybutylene phthalate (PBT), Cover: Polycarbonate (PC), Emitter/receiver: Polycarbonate (PC)				

Engineering Data

Sensing Position Characteristics (Typical)



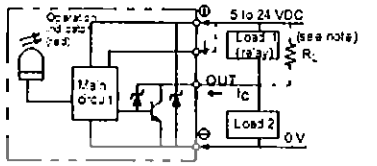
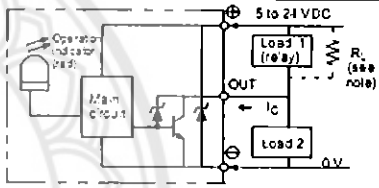
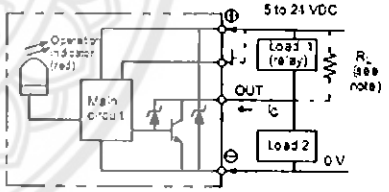
Repeated Sensing Position Characteristics (Typical)

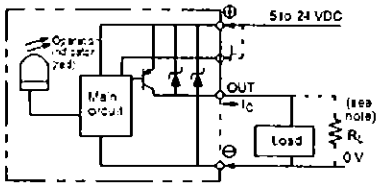
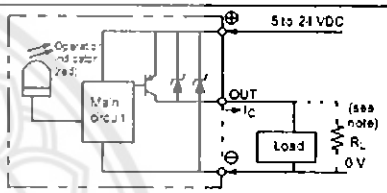
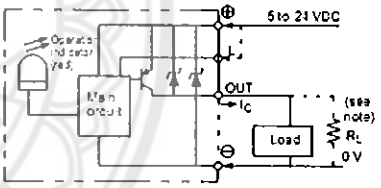


V_{CC} = 12 V
No. of repetitions: 20
Δd1 = 0.002 mm
Δd2 = 0.004 mm
Δd3 = 0.005 mm
Δd4 = 0.02 mm
Δd5 = 0.04 mm

Operation

■ Output Circuit Diagrams

Output configuration	Model	Output transistor operation	Timing Charts	Output Circuit
NPN Output	EE-SX670 EE-SX671 EE-SX672 EE-SX673 EE-SX674	Light-ON	(When terminals L and ⊕ are short-circuited) Incident / Interrupted Operation indicator (red): ON / OFF Output transistor: ON / OFF Load 1 (relay): Operates / Releases Load 2: H / L	 Note: When using on voltage output, always insert a resistor in RL.
		Dark-ON	(When terminals L and ⊕ are open) Incident / Interrupted Operation indicator (red): ON / OFF Output transistor: ON / OFF Load 1 (relay): Operates / Releases Load 2: H / L	
	EE-SX470 EE-SX471 EE-SX472 EE-SX473 EE-SX474	Light-ON	Incident / Interrupted Operation indicator (red): ON / OFF Output transistor: ON / OFF Load 1 (relay): Operates / Releases Load 2: H / L	 Note: When using on voltage output, always insert a resistor in RL.
	EE-SX670A EE-SX671A EE-SX672A EE-SX673A EE-SX674A	Light-ON	(When terminals L and ⊕ are short-circuited) Incident / Interrupted Operation indicator (red): ON / OFF Output transistor: ON / OFF Load 1 (relay): Operates / Releases Load 2: H / L	 Note: When using on voltage output, always insert a resistor in RL.
		Dark-ON	(When terminals L and ⊕ are open) Incident / Interrupted Operation indicator (red): ON / OFF Output transistor: ON / OFF Load 1 (relay): Operates / Releases Load 2: H / L	

Output configuration	Model	Output transistor operation	Timing Charts	Output Circuit
PNP Output	EE-SX670P EE-SX671P EE-SX672P EE-SX673P EE-SX674P	Light-ON	(When terminals L and ⊕ are short-circuited) Incident / Interrupted Operation indicator (red): ON / OFF Output transistor: ON / OFF Load (relay): Operates / Releases Voltage output: H / L	 Note: When using on voltage output, always insert a resistor in RL
		Dark-ON	(When terminals L and ⊕ are open) Incident / Interrupted Operation indicator (red): ON / OFF Output transistor: ON / OFF Load 1 (relay): Operates / Releases Load 2 H / L	
	EE-SX470P EE-SX471P EE-SX472P EE-SX473P EE-SX474P	Light-ON	Incident / Interrupted Operation indicator (red): ON / OFF Output transistor: ON / OFF Load (relay): Operates / Releases Voltage output: H / L	 Note: When using on voltage output, always insert a resistor in RL
	EE-SX670R EE-SX671R EE-SX672R EE-SX673R EE-SX674R	Light-ON	(When terminals L and ⊕ are short-circuited) Incident / Interrupted Operation indicator (red): ON / OFF Output transistor: ON / OFF Load (relay): Operates / Releases Voltage output: H / L	 Note: When using on voltage output, always insert a resistor in RL
		Dark-ON	(When terminals L and ⊕ are open) Incident / Interrupted Operation indicator (red): ON / OFF Output transistor: ON / OFF Load (relay): Operates / Releases Voltage output: H / L	

ภาคผนวก ค

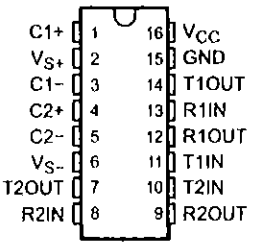
รายละเอียดของไอซีหมายเลข Max 232

MAX232, MAX232I
DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLS047L – FEBRUARY 1989 – REVISED MARCH 2004

- Meets or Exceeds TIA/EIA-232-F and ITU Recommendation V.28
- Operates From a Single 5-V Power Supply With 1.0-μF Charge-Pump Capacitors
- Operates Up To 120 kbit/s
- Two Drivers and Two Receivers
- ±30-V Input Levels
- Low Supply Current . . . 8 mA Typical
- ESD Protection Exceeds JESD 22
  - 2000-V Human-Body Model (A114-A)
- Upgrade With Improved ESD (15-kV HBM) and 0.1-μF Charge-Pump Capacitors Is Available With the MAX202
- Applications
  - TIA/EIA-232-F, Battery-Powered Systems, Terminals, Modems, and Computers

MAX232 . . . D, DW, N, OR NS PACKAGE
MAX232I . . . D, DW, OR N PACKAGE
(TOP VIEW)



description/ordering information

The MAX232 is a dual driver/receiver that includes a capacitive voltage generator to supply TIA/EIA-232-F voltage levels from a single 5-V supply. Each receiver converts TIA/EIA-232-F inputs to 5-V TTL/CMOS levels. These receivers have a typical threshold of 1.3 V, a typical hysteresis of 0.5 V, and can accept ±30-V inputs. Each driver converts TTL/CMOS input levels into TIA/EIA-232-F levels. The driver, receiver, and voltage-generator functions are available as cells in the Texas Instruments LinASIC™ library.

ORDERING INFORMATION

T_A	PACKAGE†		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
0°C to 70°C	PDIP (N)	Tube of 25	MAX232N	MAX232N
	SOIC (D)	Tube of 40	MAX232D	MAX232
		Reel of 2500	MAX232DR	
	SOIC (DW)	Tube of 40	MAX232DW	MAX232
		Reel of 2000	MAX232DWR	
	SOP (NS)	Reel of 2000	MAX232NSR	MAX232
−40°C to 85°C	PDIP (N)	Tube of 25	MAX232IN	MAX232IN
	SOIC (D)	Tube of 40	MAX232ID	MAX232I
		Reel of 2500	MAX232IDR	
	SOIC (DW)	Tube of 40	MAX232IDW	MAX232I
		Reel of 2000	MAX232IDWR	

† 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.

LinASIC is a trademark of Texas Instruments.

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 © 2004, Texas Instruments Incorporated

TEXAS INSTRUMENTS
POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

Function Tables

EACH DRIVER

INPUT TIN	OUTPUT TOUT
L	H
H	L

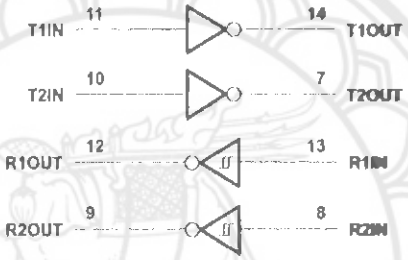
H = high level, L = low level

EACH RECEIVER

INPUT RIN	OUTPUT ROUT
L	H
H	L

H = high level, L = low level

logic diagram (positive logic)



ภาคผนวก ง

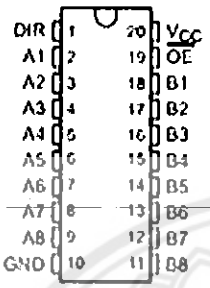
รายละเอียดของไอซีหมายเลข SN74HC245N

SN54HC245, SN74HC245
OCTAL BUS TRANSCEIVERS WITH 3-STATE OUTPUTS

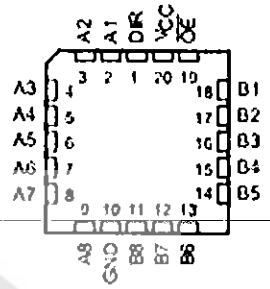
SCLS131D – DECEMBER 1982 – REVISED AUGUST 2003

- Wide Operating Voltage Range of 2 V to 6 V
- High-Current 3-State Outputs Drive Bus Lines Directly or Up To 15 LSTTL Loads
- Low Power Consumption, 80-µA Max I_{CC}
- Typical t_{pd} = 12 ns
- ±6-mA Output Drive at 5 V
- Low Input Current of 1 µA Max

SN54HC245 . . . J OR W PACKAGE
SN74HC245 . . . DB, DW, N, NS, OR PW PACKAGE
(TOP VIEW)



SN54HC245 . . . FK PACKAGE
(TOP VIEW)



description/ordering information

These octal bus transceivers are designed for asynchronous two-way communication between data buses. The control-function implementation minimizes external timing requirements.

The devices allow data transmission from the A bus to the B bus or from the B bus to the A bus, depending on the logic level at the direction-control (DIR) input. The output-enable ($\overline{OE}$) input can be used to disable the device so that the buses are effectively isolated.

ORDERING INFORMATION

T_A	PACKAGE†		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
–40°C to 85°C	PDIP – N	Tube of 20	SN74HC245N	SN74HC245N
	SOIC – DW	Tube of 25	SN74HC245DW	HC245
		Reel of 2000	SN74HC245DWR	
	SOP – NS	Reel of 2000	SN74HC245NSR	HC245
	SSOP – DB	Reel of 2000	SN74HC245DBR	HC245
	TSSOP – PW	Tube of 70	SN74HC245PW	HC245
		Reel of 2000	SN74HC245PWR	
		Reel of 250	SN74HC245PWT	
–55°C to 125°C	CDIP – J	Tube of 20	SNJ54HC245J	SNJ54HC245J
	CFP – W	Tube of 85	SNJ54HC245W	SNJ54HC245W
	LCCC – FK	Tube of 55	SNJ54HC245FK	SNJ54HC245FK

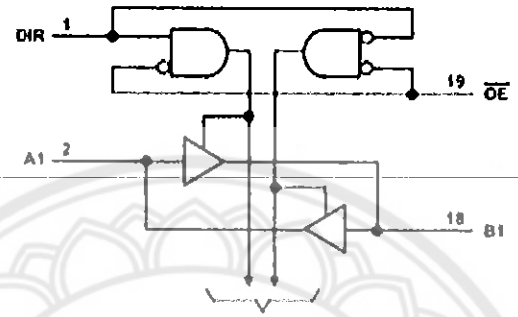
† Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at www.ti.com/sc/package.

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.

FUNCTION TABLE

INPUTS		OPERATION
OE	DIR	
L	L	B data to A bus
L	H	A data to B bus
H	X	Isolation

logic diagram (positive logic)



absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

Supply voltage range, V_{CC} ..... −0.5 V to 7 V
Input clamp current, I_{IK} ($V_I < 0$ or $V_I > V_{CC}$) (see Note 1) ..... ±20 mA
Output clamp current, I_{OK} ($V_O < 0$ or $V_O > V_{CC}$) (see Note 1) ..... ±20 mA
Continuous output current, I_O ($V_O = 0$ to V_{CC}) ..... ±35 mA
Continuous current through V_{CC} or GND ..... ±70 mA
Package thermal impedance, θ_{JA} (see Note 2): DB package ..... 70°C/W
DW package ..... 58°C/W
N package ..... 69°C/W
NS package ..... 60°C/W
PW package ..... 83°C/W
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.

NOTES: 1. The input and output voltage ratings may be exceeded if the input and output current ratings are observed.
2. The package thermal impedance is calculated in accordance with JESD 51-7.

recommended operating conditions (see Note 3)

			SN54HC245			SN74HC245			UNIT
			MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
V_{CC}	Supply voltage		2	5	6	2	5	6	V
V_{IH}	High-level input voltage	V_{CC} = 2 V	1.5			1.5			V
		V_{CC} = 4.5 V	3.15			3.15			
		V_{CC} = 6 V	4.2			4.2			
V_{IL}	Low-level input voltage	V_{CC} = 2 V			0.5			0.5	V
		V_{CC} = 4.5 V			1.35			1.35	
		V_{CC} = 6 V			1.8			1.8	
V_I	Input voltage		0		V_{CC}	0		V_{CC}	V
V_O	Output voltage		0		V_{CC}	0		V_{CC}	V
$\Delta t/\Delta v$	Input transition rise/fall time	V_{CC} = 2 V			1000			1000	ns
		V_{CC} = 4.5 V			500			500	
		V_{CC} = 6 V			400			400	
T_A	Operating free-air temperature		−55		125	−40		85	°C

NOTE 3: All unused inputs of the device must be held at V_{CC} or GND to ensure proper device operation. Refer to the TI application report, *Implications of Slow or Floating CMOS Inputs*, literature number SCBA004.

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CONDITIONS		V_{CC}	T_A = 25°C			SN54HC245		SN74HC245		UNIT
					MIN	TYP	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	
V_{OH}		V_I = V_{IH} or V_{IL}	I_{OH} = −20 μA	2 V	1.9	1.998		1.9		1.9		V
				4.5 V	4.4	4.499		4.4		4.4		
				6 V	5.9	5.999		5.9		5.9		
			I_{OH} = −6 mA	4.5 V	3.98	4.3		3.7		3.84		
			I_{OH} = −7.8 mA	6 V	5.48	5.8		5.2		5.34		
V_{OL}		V_I = V_{IH} or V_{IL}	I_{OL} = 20 μA	2 V		0.002	0.1		0.1		0.1	V
				4.5 V		0.001	0.1		0.1		0.1	
				6 V		0.001	0.1		0.1		0.1	
			I_{OL} = 6 mA	4.5 V		0.17	0.26		0.4		0.33	
			I_{OL} = 7.8 mA	6 V		0.15	0.26		0.4		0.33	
I_I	DIR or $\overline{OE}$	V_I = V_{CC} or 0		6 V		±0.1	±100		±1000		±1000	nA
I_{OZ}	A or B	V_O = V_{CC} or 0		6 V		±0.01	±0.5		±10		±5	μA
I_{CC}		V_I = V_{CC} or 0,	I_O = 0	6 V			8		160		80	μA
C_i	DIR or $\overline{OE}$			2 V to 6 V		3	10		10		10	pF

switching characteristics over recommended operating free-air temperature range, C_L = 50 pF (unless otherwise noted) (see Figure 1)

PARAMETER	FROM (INPUT)	TO (OUTPUT)	V_{CC}	T_A = 25°C			SN54HC245		SN74HC245		UNIT
				MIN	TYP	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	
t_{pd}	A or B	B or A	2 V		40	105		160		130	ns
			4.5 V		15	21		32		26	
			6 V		12	18		27		22	
t_{en}	$\overline{OE}$	A or B	2 V		125	230		340		290	ns
			4.5 V		23	46		68		58	
			6 V		20	39		58		49	
t_{dis}	$\overline{OE}$	A or B	2 V		74	200		300		250	ns
			4.5 V		25	40		60		50	
			6 V		21	34		51		43	
t_t		A or B	2 V		20	60		90		75	ns
			4.5 V		8	12		18		15	
			6 V		6	10		15		13	

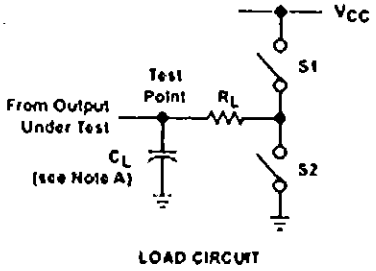
switching characteristics over recommended operating free-air temperature range, C_L = 150 pF (unless otherwise noted) (see Figure 1)

PARAMETER	FROM (INPUT)	TO (OUTPUT)	V_{CC}	T_A = 25°C			SN54HC245		SN74HC245		UNIT
				MIN	TYP	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	
t_{pd}	A or B	B or A	2 V		54	135		200		170	ns
			4.5 V		18	27		40		34	
			6 V		15	23		34		29	
t_{en}	$\overline{OE}$	A or B	2 V		150	270		405		335	ns
			4.5 V		31	54		81		67	
			6 V		25	46		69		56	
t_t		A or B	2 V		45	210		315		265	ns
			4.5 V		17	42		63		53	
			6 V		13	36		53		45	

operating characteristics, T_A = 25°C

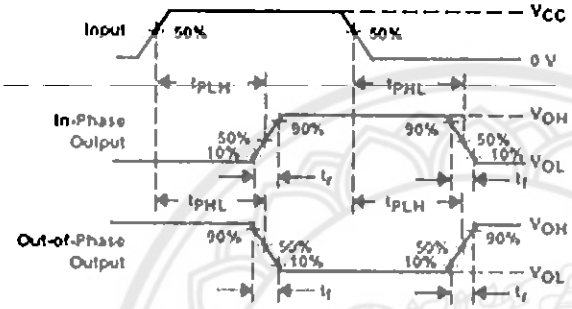
PARAMETER		TEST CONDITIONS	TYP	UNIT
C_{pd}	Power dissipation capacitance per transceiver	No load	40	pF

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



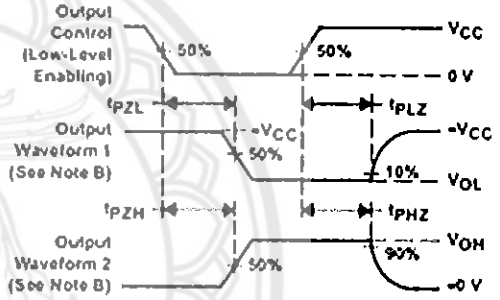
LOAD CIRCUIT

PARAMETER		R_L	C_L	S1	S2
t_{en}	t_{PZH}	1 kΩ	50 pF or 150 pF	Open	Closed
	t_{PZL}			Closed	Open
t_{dis}	t_{PHZ}	1 kΩ	50 pF	Open	Closed
	t_{PLZ}			Closed	Open
t_{pd} or t_t		—	50 pF or 150 pF	Open	Open



VOLTAGE WAVEFORMS
PROPAGATION DELAY AND OUTPUT TRANSITION TIMES

VOLTAGE WAVEFORM
INPUT RISE AND FALL TIMES

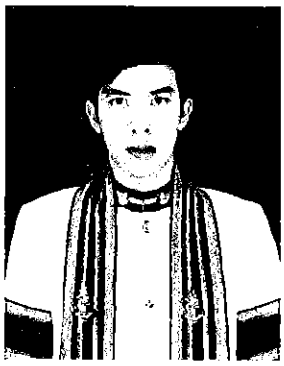


VOLTAGE WAVEFORMS
ENABLE AND DISABLE TIMES FOR 3-STATE OUTPUTS

NOTES: A. C_L includes probe and test-fixture capacitance.
B. Waveform 1 is for an output with internal conditions such that the output is low except when disabled by the output control. Waveform 2 is for an output with internal conditions such that the output is high except when disabled by the output control.
C. Phase relationships between waveforms were chosen arbitrarily. All input pulses are supplied by generators having the following characteristics: PRR ≤ 1 MHz, Z_O = 50 Ω, t_r = 6 ns, t_f = 6 ns.
D. The outputs are measured one at a time with one input transition per measurement.
E. t_{PLZ} and t_{PHZ} are the same as t_{dis}.
F. t_{PZL} and t_{PZH} are the same as t_{en}.
G. t_{PLH} and t_{PHL} are the same as t_{pd}.

Figure 1. Load Circuit and Voltage Waveforms

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน



ชื่อ นายพงศ์พิสุทธิ์ จอมวุฒิ

ภูมิลำเนา 162 หมู่ 14 ต. ป่าแดด อ. แม่สรวย จ. เชียงราย 57180

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนนุชนาถอนุสรณ์
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: **pongphisutj53@email.nu.ac.th**

ชื่อ นายสุทธิพงษ์ ซาซง

ภูมิลำเนา 30/1 หมู่ 8 ต.คลองยาง อ.สวรรคโลก จ.สุโขทัย 64110

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนสวรรค์อนันต์วิทยา 2
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: **tae_sutthipong@hotmail.com**