

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รถเข็นไฟฟ้า

Electric wheel chair



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2546

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 55468 .....  
วัน,เดือน,ปี..... 9 พ.ค. 2548 .....

6.....  
1.....

รถเข็นไฟฟ้า

Electric wheel chair

โดย

นายพนิต สี่รุ่งนาวรัตน์ รหัสประจำตัว 43010284  
นายพรชัย สุรทศพร รหัสประจำตัว 43010288  
นางสาวพันธ์ทิวา จันดาอ่อน รหัสประจำตัว 43010298

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ.พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2546

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง รถเข็นไฟฟ้า

ผู้จัดทำ

นาย พนิต สี่รุ่งนาวรัตน์

นายพรชัย สุรทศพร

น.ส.พันธ์ทิวา จันดาอ่อน



อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ.พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รถเข็นไฟฟ้า

Electric wheel chair

นายพนิต                    สิริรุ่งนาวรัตน์

นายพรชัย                สุรทศพร

น.ส. พันธุ์ทิวา        จันทาอ่อน

โครงการนี้ได้รับการตรวจสอบแล้ว พร้อมทั้งจะทำการสอบได้



  
..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
( อ.พลศาสตร์            เลิศประเสริฐ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## รถเข็นไฟฟ้า

นายพนิต ลีรุ่งนาวรัตน์  
นายพรชัย สุรทศพร  
น.ส.พันธ์ทิวา จันดาอ่อน  
อาจารย์ที่ปรึกษา อ.พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ  
ปีการศึกษา 2546

## บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการจำลองการทำงานของรถเข็นไฟฟ้าซึ่งควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ด้วยจอยสติคโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ในการประมวลผลสัญญาณ เพื่อนำไปขับมอเตอร์ทั้ง 2 ตัวในการขับเคลื่อนรถ โดยการขับมอเตอร์อาศัยหลักการของพัลส์วิดมอดดูเลชัน เพื่อควบคุมความเร็วของดีซีมอเตอร์ และมีแหล่งจ่ายไฟให้แก่มอเตอร์เป็นแบตเตอรี่ 12 V และรถเข็นนี้ยังสามารถปรับระดับเบาะให้ขนานกับพื้นตลอดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ELECTRIC WHEEL CHAIR

Panit Leerungnavarat

Pornchai Suratossaporn

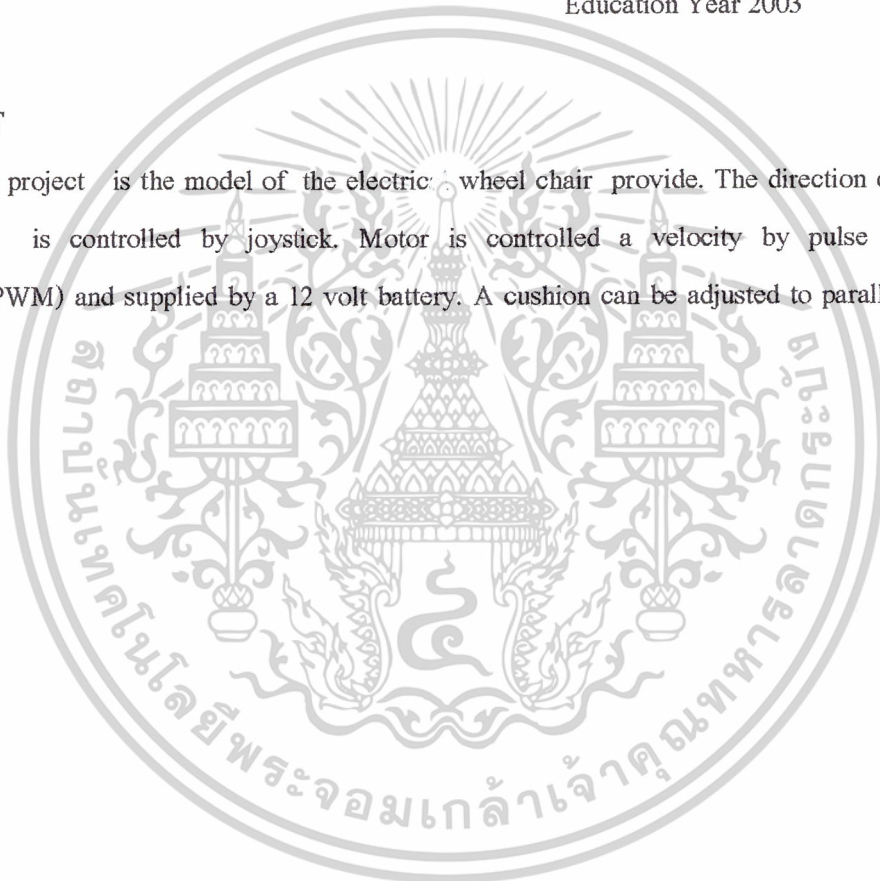
Puntiwa Jundaon

Mr.Polsart Lertprasert Avisor

Education Year 2003

**ABSTRACT**

This project is the model of the electric wheel chair provide. The direction of this wheel chair is controlled by joystick. Motor is controlled a velocity by pulse width modulation(PWM) and supplied by a 12 volt battery. A cushion can be adjusted to parallel the ground.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษาที่คอยให้คำแนะนำในเรื่องต่างๆ ขอขอบคุณคุณหมูนุมน โรบอทที่ให้คำแนะนำเรื่องจอยสติค ขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนทำให้งานเล่มนี้เสร็จสมบูรณ์

นายพนิต            สิริรุ่งนาวรัตน์  
 นายพรชัย         สุรทศพร  
 น.ส.พันธ์ทิวา     จินดาอ่อน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ	I
Abstract	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VI
บทที่ 1 บทนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ขอบเขตการทำงานของทอม 1/2546	2
ขอบเขตการทำงานของทอม 2/2546	2
บทที่ 2 ทฤษฎี	3
2.1 จอยสติค	3
2.2 มอเตอร์กระแสตรง (DC Motor)	4
2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51	6
2.4 Pulse Width Modulation	11
2.5 แบคเตอร์รี่	11
บทที่ 3 ส่วนประกอบและการทำงานของวงจร	14
3.1 วงจรภาคอินพุตแบบอนาล็อก (Analog to Digital Converter Circuit)	14
3.2 แผนผังการทำงานของโปรแกรม	17
3.3 วงจร Drive Motor	18
3.4 ส่วนของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์	19
3.5 การคำนวณหาขนาดพิกัดมอเตอร์	20
3.6 ส่วนของการปรับระดับเบาะ	23
บทที่ 4 การติดตั้งอุปกรณ์และผลการทดลอง	26
4.1 รูปภาพแสดงการติดตั้งอุปกรณ์	26
4.2 กราฟแสดงผลการทดลอง	30
4.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง	36
บทที่ 5 สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก

ภาคผนวก ก โปรแกรมควบคุมการทำงาน

ภาคผนวก ข Datasheets



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1 แสดง Block Diagram ของรถเข็นไฟฟ้า	1
รูปที่ 2.1 โครงสร้างของจอยสติค	3
รูปที่ 2.2 วงจรภายในจอยสติค	3
รูปที่ 2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C51	7
รูปที่ 2.4 แสดงตำแหน่งของรีจิสเตอร์ต่างๆ	10
รูปที่ 2.5 แสดงความกว้างของพัลส์ขนาดต่างๆ และค่าควิต์ไทม์เกิด ของช่วงพัลส์ที่มีความถี่คงที่	11
รูปที่ 2.6 แสดงลักษณะ โครงสร้างของแบตเตอรี่	11
รูปที่ 3.1 ไอซี ADC 0804	14
รูปที่ 3.2 วงจรทดลองไอซี ADC0804	15
รูปที่ 3.3 Block Diagram แสดงการทำงานของโปรแกรม	17
รูปที่ 3.4 วงจรขับมอเตอร์	19
รูปที่ 3.5 ส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์และขับมอเตอร์	20
รูปที่ 3.6 แสดง Block diagram การทำงานของส่วนปรับระดับเบาะ	23
รูปที่ 3.7 แสดง Block Diagram การทำงานของ โปรแกรมส่วนปรับระดับเบาะ	24
รูปที่ 4.1 รูปทั้งหมดของรถจำลอง	26
รูปที่ 4.2 ล้อของรถ ล้อหลัง	26
รูปที่ 4.3 รูปการติดตั้งมอเตอร์ที่ใช้ในการขับเคลื่อนรถ	27
รูปที่ 4.4 รูปการติดตั้งมอเตอร์ที่ใช้ในส่วนยกเบาะ	27
รูปที่ 4.5 รูปแกนเหล็กที่ใช้ในการยกระดับเบาะ	28
รูปที่ 4.6 ตัวต้านทานปรับค่าได้ที่ใช้เป็นตัวตรวจสอบความเอียงของเบาะ	28
รูปที่ 4.7 รูปวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ส่วนขับมอเตอร์ควบคุมทิศทางรถ	29
รูปที่ 4.8 รูปวงจรขับมอเตอร์	29
รูปที่ 4.9 กราฟเมื่อไม่ได้โยกจอยสติค	30
รูปที่ 4.10 กราฟเมื่อ โยกจอยสติค ไปด้านหน้า	31
รูปที่ 4.11 กราฟเมื่อ โยกจอยสติค ไปข้างหน้าแต่ความเร็วลดลง	31
รูปที่ 4.12 กราฟเมื่อ โยกจอยสติค ไปข้างหน้าความเร็วช้ากว่ารูปที่ 4.11	32
รูปที่ 4.13 เมื่อ โยกจอยสติค ไปด้านหลัง	32
รูปที่ 4.14 เมื่อ โยกจอยไปด้านหลัง ความเร็วลดลง	33
รูปที่ 4.15 เมื่อ โยกจอยสติค ไปด้านหลังความเร็วช้ากว่ารูปที่ 4.14	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.16 มอเตอร์ค้ำซ้ายเมื่อเลียซ้าย	34
รูปที่ 4.17 มอเตอร์ค้ำขวาเมื่อเลียซ้าย	34
รูปที่ 4.18 มอเตอร์ค้ำขวาเมื่อเลียขวา	35
รูปที่ 4.19 มอเตอร์ซ้ายเมื่อเลียขวา	35



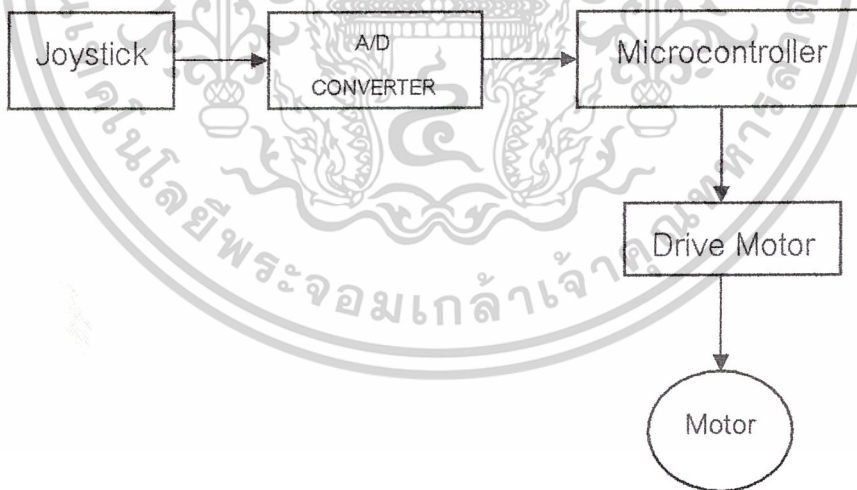
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 1

### บทนำ

ปัจจุบันมีการนำเอาวงจรอิเล็กทรอนิกส์มาประยุกต์ใช้กันอย่างมากมาย เพื่ออำนวยความสะดวก, ประหยัดเวลาและเป็นการพัฒนาให้อุปกรณ์นั้นๆมีความสามารถมากขึ้น ซึ่งในโครงการนี้ เราได้นำเอาวงจรอิเล็กทรอนิกส์มาประยุกต์ใช้กับรถเข็นคนพิการ ซึ่งจากเดิมที่รถเข็นคนพิการเวลาที่เราจะขับเคลื่อนรถก็จะใช้แรงคน เมื่อนำวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์มาใช้เราก็เพียงแค่สั่งงานตามรูปแบบของการออกแบบของรถว่าจะควบคุมโดยผ่านทางใด ซึ่งในปัจจุบันมีหลากหลายรูปแบบที่ใช้กันเช่น การสั่งงาน โดยการกดปุ่ม หรือ จะเป็นการสั่งงานโดยคันบังคับ (Joystick) เป็นต้น ในโครงการนี้เราจะใช้การควบคุมโดยคันบังคับ ( Joystick ) และรถเข็นคนพิการเราจะใช้เป็นการจำลอง นั่นคือขนาดของรถจะไม่เท่ารถเข็นจริงเพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่าย ซึ่งที่เราทำโครงการนี้ขึ้นมาเพื่อเป็นการศึกษาการทำงานก่อนที่จะนำไปใช้จริง

#### โครงสร้างและการทำงาน



รูปที่ 1.1 แสดง Block Diagram ของรถเข็น ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Joystick ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมทิศทางเมื่อผู้ใช้โยก Joystick ไปทางทิศทางใด ตัวรถก็จะเคลื่อนที่ไปข้างหน้า เมื่อโยกถอยหลังตัวรถก็จะเคลื่อนที่ถอยหลัง เมื่อโยกไปทางซ้ายตัวรถก็จะเคลื่อนที่ไปทางซ้าย เมื่อโยกไปทางขวาตัวรถก็จะเคลื่อนที่ไปทางขวา ซึ่ง O/P ที่ได้จาก Joystick จะเป็นค่าแรงดันซึ่งจะป้อนให้กับส่วนของ A/D converter แปลงเป็นสัญญาณดิจิทัล เพื่อนำไปประมวลผลในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไป
- การควบคุมทิศทางในการเลี้ยวซ้ายหรือเลี้ยวขวาเราก็สามารถทำได้โดยการโยกจอยสติคไปทางซ้ายหรือทางขวาพร้อมกับการกดปุ่มที่อยู่ที่คันโยก รถก็จะเคลื่อนที่ที่เราโยกทันที
- วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ ( Motor Drive ) จะออกแบบเพื่อให้สามารถขับ มอเตอร์
- A/D CONVERTER ทำหน้าที่แปลงแรงดันที่ได้จากจอยสติค มาเป็นสัญญาณดิจิทัลเพื่อนำค่าดิจิทัลที่ได้นั้นมาเข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์
- ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำหน้าที่ประมวลผลต่างๆเพื่อใช้ในการขับมอเตอร์หรือนำไปควบคุมส่วนอื่นๆต่อไป

### วัตถุประสงค์ของโครงการนี้

วัตถุประสงค์ของโครงการนี้ จะเป็นการจำลองการสร้างรถขึ้นคนพิการซึ่งในโครงการนี้จะทำแบบจำลอง ดังนั้นขนาดของรถและรูปร่างของรถอาจจะไม่ตรงกับความเป็นจริงเท่าไรเพราะเราจะเน้นที่การทำงานของรถ และหลักการการทำงานซึ่งสามารถนำไปประยุกต์เข้ากับรถเข็นจริงๆได้ต่อไป

### ขอบเขตการทำงานของเทอม 1/2546

ในเทอมที่ 1 จะศึกษา การทำงานของมอเตอร์ว่ามีหลักการการทำงานอย่างไร และศึกษา การส่งสัญญาณของจอยสติคว่ามีการส่งสัญญาณในลักษณะใด แล้วนำผลที่ได้จากการศึกษานี้มาใช้ในการสร้างวงจรควบคุมทิศทางการวิ่งของรถอีกที ซึ่งเมื่อนำไปใช้ในการควบคุมรถต่อไปก็จะได้พัฒนาต่อไปอีกให้มีความสามารถมากขึ้นต่อไป

### ขอบเขตการทำงานของเทอม 2/2546

ในเทอมหลังนี้จะทำต่อจากเทอมที่ 1 ให้เสร็จสมบูรณ์มากขึ้นโดยเพิ่มความสามารถของรถให้มากขึ้นคือการปรับระดับเบาะของรถเมื่อพื้นไม่ราบ แต่ในที่นี้จะทำการปรับแก้ด้านหน้าและด้านหลังเท่านั้น และสร้างรถต้นแบบให้สามารถขับเคลื่อนได้

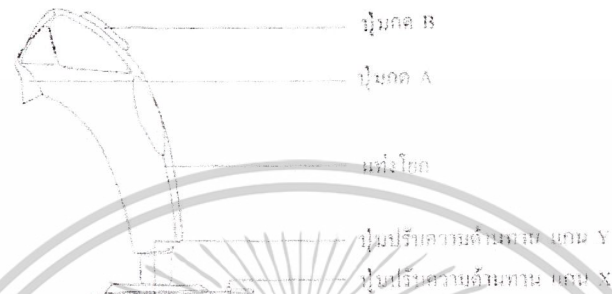
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

## ทฤษฎี

## 2.1 จอยสติ๊ก(joystick)

## 2.1.1 โครงสร้างจอยสติ๊ก



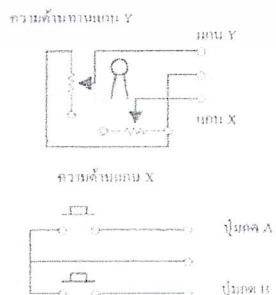
รูปที่ 2.1 โครงสร้างของจอยสติ๊ก

โครงสร้างภายนอกของจอยสติ๊กจะประกอบด้วย

- ปุ่มกด A
- ปุ่มกด B
- คันโยก
- ปุ่มเคลื่อนปรับความต้านทานในแนวแกน Y
- ปุ่มเคลื่อนปรับความต้านทานในแนวแกน X

## 2.1.2 วงจรภายในและการทำงานของจอยสติ๊ก

ในการใช้งานจอยสติ๊กจะต้องศึกษาถึงวงจรภายในของจอยสติ๊กที่ทำหน้าที่เปลี่ยนการโยกซึ่งเป็นงานทางกลให้เป็นค่าทางไฟฟ้า โดยแสดงวงจรภายใน ดังรูป



รูป 2.2 วงจรภายในจอยสติ๊ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อโยกจอยสติคไปในทิศทางต่างๆจะทำให้เกิดการเปลี่ยนค่าความต้านทานในแนวแกน Y และแกน X โดยค่าความต้านทานในแนวแกน Y จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อโยกจอยสติคไปข้างหน้าหรือข้างหลังและค่าความต้านทานในแนวแกน X จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อโยกจอยสติคไปทางขวาหรือทางซ้าย จุดกึ่งกลางเป็นจุดที่ค่าความต้านทานของแกน Y และแกน X อยู่กึ่งกลาง การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานจะแสดงไว้ในตาราง 2.1

ทิศทาง	ค่าความต้านทานแกน Y	ค่าความต้านทานแกน X
ตั้งตรง	44 k $\Omega$	44 k $\Omega$
ไปหน้า	ลดลง 44 k $\Omega$ $\rightarrow$ 4 $\Omega$	44 k $\Omega$
ถอยหลัง	เพิ่มขึ้น 44 k $\Omega$ $\rightarrow$ 95 k $\Omega$	44 k $\Omega$
ซ้าย	44 k $\Omega$	ลดลง 44 k $\Omega$ $\rightarrow$ 4 $\Omega$
ขวา	44 k $\Omega$	เพิ่มขึ้น 44 k $\Omega$ $\rightarrow$ 95 k $\Omega$

ตารางที่ 2.1 การเปลี่ยนค่าความต้านทาน

## 2.2 มอเตอร์กระแสตรง (DC Motor)

นิยามสั้นๆของมอเตอร์ก็คือ อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานมาเป็นพลังงานกล โดยอาศัยหลักการดูดและผลักของสนามแม่เหล็ก การหมุนของมอเตอร์ โดยสมมติว่า ถ้ามีขั้วแม่เหล็กอยู่ตรงข้ามขั้วต่างกัน เรียกว่า โพล (pole) ซึ่งจะให้สนามแม่เหล็กออกมาเรียกว่า ฟลักซ์ฟลักซ์ (field flux) เหล็กแท่งหนึ่งที่ตั้งอยู่ที่แกนหมุนก็ให้สนามแม่เหล็กออกมาเรียกว่า อาร์มเจอร์ฟลักซ์ (armature flux) ถ้าเริ่มวางตำแหน่งแม่เหล็กให้เอียงนิดๆ พอให้มีแรงผลักเริ่มแรก แท่งแม่เหล็กจะถูกขั้วแม่เหล็กหัวท้ายทั้งสองผลักให้หมุนตามเข็มนาฬิกาไป เมื่อแท่งแม่เหล็กหมุนไปได้ 180 องศา เราก็จะทำการสลับขั้วแม่เหล็กที่หมุนนั้นกลับกันแท่งแม่เหล็กก็จะถูกผลักให้หมุนต่อไปเรื่อยๆ ในทางปฏิบัติการกลับขั้วแม่เหล็กที่หมุนนี้ใช้คอมพิวเตอรืเป็นตัวเปลี่ยนแปลงขั้วแม่เหล็กไฟฟ้านี้ มอเตอร์ไฟตรงแบบง่ายคืออาศัยหลักการนี้ แต่แทนที่จะใช้ขั้วแม่เหล็กตรงข้ามต่างกัน เราก็ใช้แม่เหล็กที่เกิดจากการการเหนี่ยวนำด้วยไฟฟ้า โดยใช้เส้นลวดอาบฉนวนพันรอบแกนเหล็กและปล่อยกระแสไฟฟ้าไหลเข้าไปในขดลวดนั้น ก็จะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้น มอเตอร์ไฟตรงที่เรารู้จักกันทั่วไปและเห็นกันเป็นประจำคือมอเตอร์ที่ทำหน้าที่สตาร์ทเครื่องยนต์นั่นเองหรือที่ช่างมักเรียกกันว่า ไคสตาร์ท ลักษณะโครงสร้างทั่วไปของมอเตอร์ไฟตรงจะเหมือนกับเจนเนอเรเตอร์ไฟตรง ฉะนั้นการที่เราศึกษาเพียงเรื่องนี้เรื่องเดียวก็สามารถทำให้เข้าใจถึงอีกเรื่องหนึ่งได้ไม่ยาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

### 1. มอเตอร์ไฟตรงแบบอนุกรม (D.C. series motor)

ซีรีย์มอเตอร์เป็นมอเตอร์ที่มีขดลวดสนามแม่เหล็กพันด้วยลวดเส้นใหญ่ เรียกว่าขดซีรีย์ฟิลด์และต่ออนุกรมเข้ากับอาร์เมเจอร์ ขดซีรีย์ฟิลด์จะมีความต้านทานต่ำ ขดลวดฟิลด์นี้จะพันรอบโพลเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กฟิลด์ขึ้น กระแสที่ไหลผ่านขดลวดฟิลด์นี้จะเท่ากับกระแสอาร์เมเจอร์ เพราะต่ออนุกรมกันอยู่ มอเตอร์ไฟตรงชนิดนี้จะให้ลักษณะสมบัติแตกต่างออกไป จากมอเตอร์ไฟตรงแบบชนิดอื่น งานที่ใช้มอเตอร์ชนิดนี้ส่วนใหญ่ต้องการแรงหมุนเริ่มแรกสูงถึง 500 % ของค่าเต็มพิกัด ซึ่งมากกว่าแรงหมุนสูงสุดที่มอเตอร์ไฟตรงแบบชนิดอื่นทำได้

### 2. มอเตอร์ไฟตรงแบบชัณฑ์ (D.C. shunt motor)

ชัณฑ์มอเตอร์ เป็นมอเตอร์ที่มีขดลวดสนามแม่เหล็กพันด้วยลวดเส้นเล็ก เรียกว่าขดชัณฑ์ฟิลด์ ขดลวดนี้ต่อขนานอยู่กับอาร์มาเจอร์ ขดชัณฑ์ฟิลด์จะมีความต้านทานสูง ซึ่งจะก่อให้เกิดสนามแม่เหล็กคงที่เป็นฟิลด์ฟลักซ์ทำหน้าที่ออกแรงผลักท่อนอาร์เมเจอร์ให้หมุนไป มอเตอร์ไฟตรงแบบชัณฑ์นี้มีเทคนิคในการนำไปใช้งานเพิ่มเติมได้อีกด้วย ดังนี้

- ใช้ในการควบคุมแรงม้าให้คงที่แต่ความเร็วรอบเปลี่ยนได้ ทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงกระแสที่ไหลเข้าขดลวดฟิลด์โดยการต่อความต้านทานปรับค่าได้อ่อนุกรมเข้าไปในวงจรขดลวดชัณฑ์เมื่อฟลักซ์หรือสนามแม่เหล็กที่เกิดจากขดลวดชัณฑ์ลดลง ความเร็วก็จะเพิ่มขึ้น เช่น เพิ่มขึ้นทั้งสองเท่าตัวแต่แรงหมุนจะลดลงครึ่งหนึ่งเช่นกัน ฉะนั้นผลคูณของความเร็วกับแรงหมุนจึงคงที่ นั่นคือแรงม้าของมอเตอร์คงที่นั่นเอง

- ใช้ในการควบคุมแรงหมุนให้คงที่แต่ความเร็วรอบเปลี่ยนได้ ทำได้โดยรักษาสถาณแม่เหล็กของขดลวดชัณฑ์ให้คงที่ แต่กลับมารับแรงดันที่ป้อนให้แก่ขดลวดอาร์เมเจอร์ การทำแบบนี้ ทำให้ต้องใช้แหล่งจ่ายไฟตรงถึง 2 ชุด ชุดหนึ่งจ่ายให้กับชัณฑ์ อีกชุดหนึ่งจ่ายให้กับอาร์เมเจอร์

- ใช้ในการควบคุมโพลที่มีความเร็วลดลงตามแรงหมุน โพลบางชนิด เช่น พัดลมและปั๊มน้ำมันจะมีความเร็วลดลงเมื่อแรงหมุนลดลง ซึ่งขัดกับลักษณะสมบัติของมอเตอร์ตัวเปล่าที่ว่าโพลมากขึ้นรอบจะต่ำลงการปรับกระแสทำได้โดยการต่อความต้านทานอนุกรมกับขดลวดอาร์เมเจอร์

### 3. มอเตอร์ไฟตรงแบบคอมพาวด์ (D.C. compound motor)

คอมพาวด์มอเตอร์ เป็นมอเตอร์ที่มีขดลวดสนามแม่เหล็ก 2 ชุด พันอยู่บนขั้วแม่เหล็กอันเดียวกัน โดยชุดแรกคือขดชัณฑ์ฟิลด์ซึ่งจะพันไว้ด้านในสุดของขั้วแม่เหล็ก ส่วนชุดที่สองคือขดซีรีย์ฟิลด์จะพันไว้ด้านนอกเป็นเส้นลวดเส้นใหญ่และมีจำนวนรอบเพียงเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

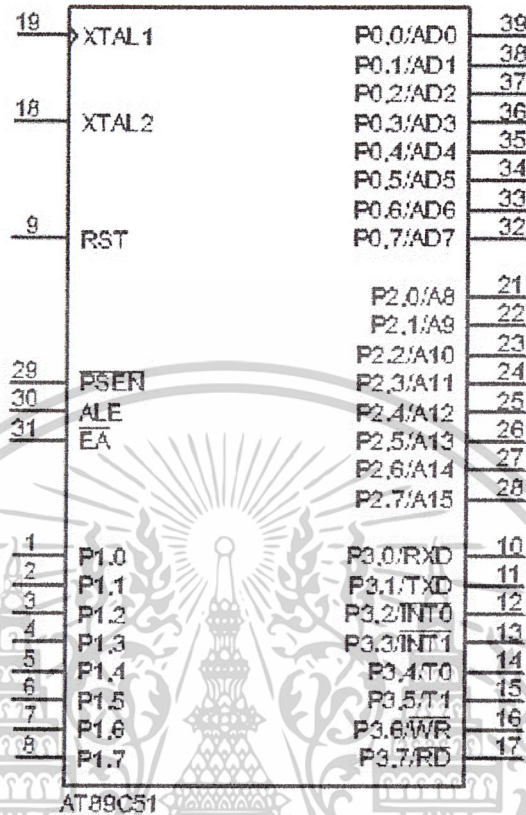
คุณลักษณะและการนำไปใช้งานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

1. มอเตอร์ชนิดนี้ขณะได้รับโหลดมากๆ มอเตอร์จะหมุนช้า แต่ในขณะที่มอเตอร์มีโหลดน้อยๆ ความเร็วของมอเตอร์จะสูงๆ แต่ถ้าไม่มีโหลดเลยจะมีความเร็วสูงมากจนเกิดเป็นอันตราย เพราะในขณะที่มีโหลดน้อยหรือไม่มีโหลดเลยกระแสจะไหลผ่านขดลวดซีรีส์ฟิลด์น้อยมาก ดังนั้นจะต้องไม่นำไปใช้กับชุดสายพานใดๆเลย เพราะบางครั้งอาจเผลอปลดเอาสายพานออกไป มอเตอร์อาจจะชำรุดเสียหายได้ ซีรีส์มอเตอร์จะใช้กับเครื่องที่ต้องการแรงบิดสูง

2. ระดับมอเตอร์ เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับมอเตอร์คงที่ จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กคงที่ ในขณะที่ไม่มีโหลดมอเตอร์จะใช้กระแสเพียงเล็กน้อยเพื่อเอาชนะความฝืด แต่เมื่อมอเตอร์มีโหลดกระแสในอาร์มาเจอร์จะสูงขึ้น แต่ความเร็วจะลดลงเล็กน้อย กระแสในอาร์มาเจอร์จะเปลี่ยนแปลงตามโหลด คือ โหลดมากกระแสจะสูง ถ้าลดโหลดลงกระแสจะลดลง

### 2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิตที่มีอุปกรณ์สนับสนุนประกอบอยู่ภายในหลายอย่างได้แก่ หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล หน่วยความจำสำหรับเก็บ โปรแกรม ตัวตั้งเวลา/ตัวนับ อุปกรณ์รับส่งข้อมูลแบบอนุกรม เนื่องจากโครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์มีอุปกรณ์สนับสนุนประกอบอยู่ภายในนี้เอง ทำให้การใช้งานง่ายขึ้นและมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยไม่ต้องมีการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกมากเหมือนกับไมโครโปรเซสเซอร์ทั่วไป นอกจากนี้หากเราต้องการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับอุปกรณ์อื่นเพิ่มเติม เช่น ไอซี 8255 หรือหน่วยความจำภายนอกเราก็สามารถนำมาเชื่อมต่อเพิ่มเติมเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อีกด้วย



รูปที่ 2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C51

### 2.3.1 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

#### 2.3.1.1 รีจิสเตอร์ (Register) ที่เกี่ยวข้องกับแอดเดรส

รีจิสเตอร์กลุ่มนี้จะเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 Bits ที่ใช้งานเพื่อเก็บข้อมูลแอดเดรสเป็นหลัก โดยค่าที่อยู่ในแอดเดรสนี้จะเป็นค่าของข้อมูลที่ส่งออกไปทางบัสแอดเดรส ( Bus Address ) ของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อบอกตำแหน่งของข้อมูลที่ต้องการติดต่อ

โปรแกรมเคาน์เตอร์ (Program Counter) เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการชี้ตำแหน่งแอดเดรสของหน่วยความจำโปรแกรม ซึ่งจะต้องไปทำคำสั่งจากหน่วยประมวลผลในลำดับถัดไป การใช้งานภายในโปรแกรมเรียกว่ารีจิสเตอร์ พีซี (PC)

สแต็กพอยน์เตอร์ (Stack Pointer) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 Bits ทำหน้าที่เก็บตำแหน่งแอดเดรสหน่วยความจำบริเวณที่ใช้งานเป็นสแต็ก (Stack) สำหรับเก็บข้อมูลจากรีจิสเตอร์ต่างๆ รวมทั้งข้อมูลจากโปรแกรม โดยปกติแล้วเมื่อเริ่มต้นระบบใหม่ค่าภายในสแต็กพอยน์เตอร์จะเป็นค่า 07H การใช้งานภายในโปรแกรมเรียกว่า รีจิสเตอร์ เอสพี (SP)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าตัวพอยน์เตอร์ (Data Pointer ) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 Bits ซึ่งเรียกว่า รีจิสเตอร์ ดีพีทีอาร์ (DPTR) และสามารถใช้งานแยกเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 Bits จำนวน 2 ตัวได้คือ รีจิสเตอร์ ดีพีเอส (DPH) และดีพีแอล (DPL) เพื่อเก็บค่าของแอดเดรสของหน่วยความจำหรืออุปกรณ์ที่จะต้องใช้งานภายในโปรแกรม

### 2.3.1.2 รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป ( General Purpose Register )

รีจิสเตอร์ในกลุ่มนี้จัดเป็นพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้สนับสนุนการประมวลผลการทำงานจากหน่วยประมวลผลทางคณิตศาสตร์และตรรกศาสตร์ รีจิสเตอร์ในกลุ่มนี้มีขนาด 8 Bits มีชื่อเรียกว่า รีจิสเตอร์ R0,R1,R2,R3,R4,R5,R6,R7 โดยจำแนกออกเป็น 4 กลุ่ม เรียก รีจิสเตอร์แบงก์ (Bank Register )

แอดเดรส	รีจิสเตอร์แบงก์	ชื่อรีจิสเตอร์ใช้งาน
00-07H	0	R0-R7
08-0FH	1	R0-R7
10-17H	2	R0-R7
18-1FH	3	R0-R7

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงค่าตำแหน่งของรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป

แอกคิวมูลเตอร์ (Accumulator Register) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 Bits ทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลที่จะส่งให้กับหน่วยทำงานภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ และเก็บผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานนั้น การใช้งานภายในโปรแกรมเรียก รีจิสเตอร์ A,ACC

รีจิสเตอร์ บี (B Register) เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้สำหรับการทำคำสั่งคูณและหารตัวเลข ในกรณีที่ ไม่ได้ใช้ในการคำนวณทางคณิตศาสตร์ก็สามารถนำไปใช้งานเช่นเดียวกับรีจิสเตอร์ทั่วไปได้

โปรแกรมสเตตัสเวิร์ด (Program Status Word Register ) เป็นรีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ บอกสถานการณ์ทำงานต่างๆรวมทั้งบิตสำหรับการกำหนดเลือกแบงก์ของรีจิสเตอร์ด้วย

รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ (Special Function Register,SFR) รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษเป็นรีจิสเตอร์สำหรับการควบคุมหน้าที่ และการทำงานของอุปกรณ์หรือพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ทั้งหมด และมีความสามารถในการเข้าถึงระดับบิตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อบิต	ตำแหน่ง	ความหมาย
CY	PSW.7	แฟล็กทด (Carry Flag)
AC	PSW.6	แฟล็กช่วยทด (Auxiliary Carry Flag)
FO	PSW.5	แฟล็ก (Flag) ที่ผู้ใช้สามารถนำไปใช้งานได้อิสระ
RS1	PSW.4	บิตสำหรับการเลือกแบงก์ รีจิสเตอร์ บิต 1
RS2	PSW.3	บิตสำหรับการเลือกแบงก์ รีจิสเตอร์ บิต 0
OV	PSW.2	แฟล็กโอเวอร์โฟลว์ (Over Flow Flag)
	PSW.1	
P	PSW.0	แฟล็กพาริตี (Parity Flag) ใช้กับแอสกีโมเด็ม

ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงบิตต่างๆภายในรีจิสเตอร์ PSW

รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับพอร์ต (Port Register) รีจิสเตอร์ เหล่านี้จะมีความเกี่ยวข้องกับการทำงานของพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตโดยตรง ซึ่งแต่ละตัวจะเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 Bits สามารถใช้งานได้ ในลักษณะของการอินพุตหรือการเอาต์พุตข้อมูลได้ นอกจากนี้พอร์ต P0 และ P2 ยังสามารถนำมาใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมหรือหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้ สำหรับพอร์ต P3 นั้นยังนำมาใช้ในสถานะของบัสควบคุมเกี่ยวกับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ได้อีกด้วย

รีจิสเตอร์ เอสบัฟ (SBUF Register) เป็นบัฟเฟอร์ (Buffer) ขนาด 8 Bits สำหรับการสื่อสารแบบอนุกรมทั้งการรับและส่งข้อมูล

รีจิสเตอร์ พีคอน (PCON Register) เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้งานในการควบคุมหน้าที่การทำงานใน 3 ลักษณะ ซึ่งได้แก่การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ การกำหนดอัตราการทวิคูณของอัตราเร็วในการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมและแฟล็กสถานะสำหรับการใช้งานทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อบิต	ตำแหน่ง	ความหมาย
เอสมอด(SMOD)	PCON.7	บิตกำหนดการทวีคูณของอัตรา การส่งสัญญาณปกติ
Blank	PCON.6	Blank
Blank	PCON.5	Blank
Blank	PCON.4	Blank
จีเอฟ1(GF1)	PCON.3	แฟล็กสำหรับการใช้งานทั่วไป จากผู้ใช้งานแฟล็ก 0
จีเอฟ0(GF0)	PCON.2	แฟล็กสำหรับการใช้งานทั่วไป จากผู้ใช้งานแฟล็ก 1
พีดี (PD)	PCON.1	บิตสำหรับการกำหนดเพาเวอร์ ดาวน์ (Power Down)
ไอดีแอล (IDL)	PCON.0	บิตสำหรับการกำหนดไอดีล โหมด (Idle Mode)

ตารางที่ 2.4 ตารางแสดงบิตต่างๆของรีจิสเตอร์ PCON

Address Decimal	Address Hex	Symbols	Address Hex
127	7F H	B	70 H
		ACC	R0 H
		PSW	D0 H
		PC	E8 H
		P3	B0 H
		IEC	A8 H
		P2	A0 H
48	30 H	SECF	99 H
		SCON	98 H
		P1	90 H
		TH1	8D H
		TH0	8C H
		TL1	8B H
		TL0	8A H
		TMOD	89 H
		TCON	88 H
		PCON	87 H
		DPH	83 H
		DPL	82 H
		SP	81 H
		P0	80 H

Address 00 - 19 H      Address 80 - FF H

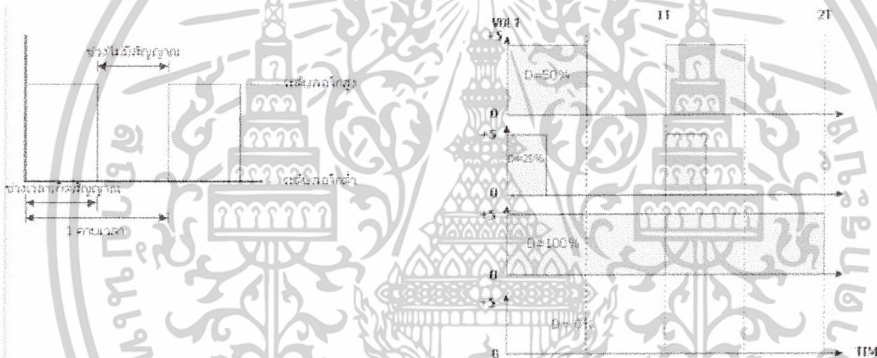
รูปที่ 2.4 แสดงตำแหน่งของรีจิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น มิใช่ให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.4 Pulse Width Modulation (PWM)**

การมอดูเลชันทางความกว้างของพัลส์ (PWM) Pulse Width Modulation เป็นการปรับเปลี่ยนที่สัดส่วนและความกว้างของสัญญาณพัลส์ โดยที่ความถี่ของพัลส์นั้น ไม่เปลี่ยนแปลง หรือการเปลี่ยนแปลงที่ค่าของดิวตี้ไซเคิล (duty cycle) ซึ่งค่าของดิวตี้ไซเคิล คือช่วงความกว้างของพัลส์ที่มีสถานะลอจิกสูง โดยคิดสัดส่วนเป็นเปอร์เซ็นต์จากความกว้างของพัลส์ทั้งหมด ยกตัวอย่างเช่นถ้าหากค่าดิวตี้ไซเคิลมีค่าเท่ากับเท่ากับ 50% ก็หมายถึงใน 1 รูปสัญญาณพัลส์จะมีช่วงของสัญญาณที่เป็นสถานะลอจิกสูงอยู่ครึ่งหนึ่ง และสถานะลอจิกต่ำอยู่อีกครึ่งหนึ่งดังรูปที่ 1 และในทำนองเดียวกันถ้าหากค่าดิวตี้ไซเคิลมีค่ามากก็แสดงว่าความกว้างของพัลส์ที่เป็นสถานะลอจิกสูงจะมีความกว้างมากขึ้น หากค่าดิวตี้ไซเคิลมีค่าเท่ากับ 100% ก็หมายความว่า จะไม่มีสถานะลอจิกต่ำเลยซึ่งค่าดิวตี้ไซเคิลสามารถหาได้จากค่าความสัมพันธ์ดังนี้

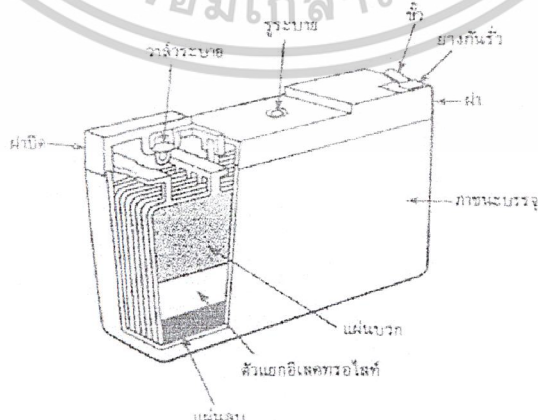
$$\text{ค่าดิวตี้ไซเคิล} = (\text{ช่วงของสัญญาณพัลส์} / \text{คาบเวลาทั้งหมดของสัญญาณ}) \times 100\%$$



รูปที่ 2.5 แสดงความกว้างของพัลส์ที่ขนาดต่างๆ และค่าดิวตี้ไซเคิล ของช่วงพัลส์ที่มีความถี่คงที่

**2.5 แบตเตอรี่**

เป็นส่วนจำเป็นอีกส่วนหนึ่ง



รูปที่ 2.6 แสดงลักษณะ โครงสร้างของแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากลักษณะโครงสร้างจะเห็นว่ามันประกอบด้วยแผ่นคาโทดและแผ่นแอโนดวางสลับกันจุ่มอยู่ในอิเล็กโทรไลต์ที่ทำจากสารละลายกรดกำมะถัน แผ่นเพลทจะวางสลับกันเพื่อจะได้มีพื้นที่ผิวสัมผัสกับอิเล็กโทรไลต์ได้มาก ในขณะที่รักษาปริมาตรให้น้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ การที่มีพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างแผ่นอิเล็กโทรไลต์มากเท่าไร ปฏิริยาทางเคมีก็จะเกิดขึ้นมากเท่านั้น นอกจากนี้ค่าความต้านทานภายในเซลล์จะยิ่งมีค่าน้อยลงด้วย ดังนั้นในการค้นคว้าจึงมุ่งทางด้านเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัส วิธีที่นิยมใช้กันก็คือใช้แผ่นเพลทบางๆคั่นด้วยฉนวนแบบเบบมีรูพรุน

อิเล็กโทรไลต์ที่เป็นแอโนดจะสร้างขึ้นมาจากตะกั่วบริสุทธิ์ ในขณะที่คาโทดจะสร้างจากส่วนผสมของตะกั่วและตะกั่วเปอร์ออกไซด์ ในขณะที่เซลล์คายประจุให้กระแสไฟฟ้าออกมานั้น อะตอมของตะกั่วจากแผ่นแอโนดจะแตกตัวเป็นไอออนที่มีประจุบวกเข้าไปอยู่ในอิเล็กโทรไลต์และทิ้งอิเล็กตรอนให้ไหลเข้าสู่วงจรที่นำมาต่อภายนอก

ที่คาโทด ตะกั่วเปอร์ออกไซด์จะแตกตัวเป็นไอออนของตะกั่วซึ่งมีประจุบวกสูง และเป็นไอออนที่มีประจุลบสูง ไอออนของตะกั่วที่มีประจุจะดึงเอาอิเล็กตรอนจากวงจรที่ต่ออยู่ภายนอกเพื่อรวมตัวกลายเป็นไอออนตะกั่วที่มีประจุบวก ซึ่งเป็นชนิดเดียวกับที่แอโนดทำให้เกิดกระแสไหลจากคาโทดผ่านไปยังวงจรภายนอก

ไอออนของตะกั่วจากแผ่นอิเล็กโทรดทั้งสองจะทำปฏิกิริยากับกรดกำมะถันซึ่งเป็นอิเล็กโทรไลต์ กลายเป็นตะกั่วซัลเฟต (ซึ่งจะเห็นเป็นตะกอนสีขาวเกาะอยู่ที่อิเล็กโทรดทั้งสอง) และก๊าซไฮโดรเจน (ซึ่งจะรวมกับไอออนของออกซิเจนจากคาโทดกลายเป็นน้ำ) เราสามารถจะเขียนสูตรสำหรับปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นได้ดังนี้



สูตรทางเคมีแสดงให้เห็นว่าสารละลายอิเล็กโทรไลต์ จะเจือจางลงโดยโมเลกุลของน้ำที่เกิดขึ้นซึ่งเป็นขณะเดียวกับที่เซลล์คายประจุ ทำให้เราสามารถใช้เป็นวิธีการหาสถานะการประจุและคายประจุของเซลล์ได้ โดยการวัดความถ่วงจำเพาะของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งจะบอกว่าเซลล์ใกล้จะถึงสถานะคายประจุหมดหรือยัง เพื่อจะได้ประจุไฟกลับเข้าไปใหม่ โดยค่าความถ่วงจำเพาะของเซลล์ที่ประจุมาเต็มที่จะค่าประมาณ 1.25 และค่าความถ่วงจำเพาะของเซลล์ที่คายประจุหมดจะมีค่าระบุไว้ประมาณ 1.2 เราใช้ไฮโดรมิเตอร์ในการวัด แรงดันของเซลล์โดยปกติจะมีค่าเท่ากับ 2 โวลต์

การประจุเซลล์แบบตะกั่ว-กรดนั้นสามารถทำได้อย่างง่าย ๆ โดยการป้อนกระแสกลับทางเข้าไปในแบตเตอรี่เพื่อบังคับให้ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น เกิดจากทางขวามือไปทางซ้ายมือ ซึ่งจะเปลี่ยนตะกั่วซัลเฟตให้กลับเป็นตะกั่วและกรดกำมะถันตามเดิม วิธีการที่ง่ายที่สุดในการป้อนกระแสกลับทางก็โดยการต่อขั้วคาโทด (ขั้วบวก) และขั้วแอโนด (ขั้วลบ) เข้ากับขั้วบวกและขั้วลบของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แหล่งจ่ายไฟภายนอก แรงดันของแหล่งจ่ายไฟภายนอกนี้จะอยู่ในช่วง 1.1 ถึง 1.25 เท่าของแรงดันของเซลล์โดยปกติ ดังนั้นเซลล์แบบนี้เซลล์เดียวซึ่งมีแรงดันปกติ 2 โวลต์ สามารถที่จะประจุเข้าไปด้วยแรงดันระหว่าง 2.2 – 2.5 โวลต์ ตัวอย่างที่เห็นได้ง่ายๆ ก็คือ แบตเตอรี่รถยนต์ (ซึ่งแรงดันปกติเท่ากับ 12 โวลต์ เนื่องจากประกอบด้วยเซลล์ 6 เซลล์อนุกรมกัน) จะถูกประจุโดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือไดนาโมและผ่านชุดรักษาระดับแรงดันให้เป็นไฟตรงที่ค่าแรงดันคงที่ที่ 14 โวลต์

เป็นที่เห็นได้ชัดว่า กระแสที่ป้อนเข้าไปเมื่อประจุใหม่นั้นขึ้นอยู่กับแรงดันที่ป้อนเข้าไป นอกจากนั้นยังขึ้นอยู่กับแรงดันที่ป้อนเข้าไป นอกจากนั้นยังขึ้นอยู่กับสถานะของเซลล์ว่าคายประจุหมดเต็มหรือไม่ ถ้าแรงดันที่ป้อนเข้าประจุไฟมีค่าสูงและคายเซลล์ประจุหมดเต็มที่แล้ว จะทำให้กระแสที่ไหลเข้าประจุเซลล์จะมีความมากตามไปด้วย หรือถ้าเซลล์ถูกใช้แบบเป็นวงรอบ คือจากสถานะประจุเต็มไปสู่สถานะหมดประจุเต็มที่แล้วจึงค่อยประจุใหม่อีกครั้ง จะใช้กระแสในการประจุมากตามไปด้วย แต่ถ้าเซลล์ถูกใช้งานพร้อมกับประจุไฟเข้าตลอดเวลาเช่นในแบตเตอรี่รถยนต์แล้ว กระแสที่ใช้ในการประจุก็น่าจะมีค่า ซึ่งก็เป็นเหตุผลที่ว่าทำไมแบตเตอรี่รถยนต์ขนาด 12 โวลต์ จึงใช้แรงดันในการประจุเพียง 14 โวลต์ ซึ่งประมาณ 1.17 เท่าของแรงดันปกติของแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### บทที่ 3

#### ส่วนประกอบและการทำงานของวงจร

#### 3.1 วงจรภาคอินพุทแบบอนาล็อก (Analog to Digital Converter Circuit)

วงจรภาคอินพุทแบบอนาล็อกในโครงงานใช้ไอซี เอดีซี (Analog to Digital Converter) จะทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณแบบอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิทัล ซึ่งจะเลือกใช้ไอซี เอดีซีเบอร์ ADC0804 ซึ่งสามารถรับสัญญาณอินพุทแบบอนาล็อกได้สูงสุด 5 โวลท์



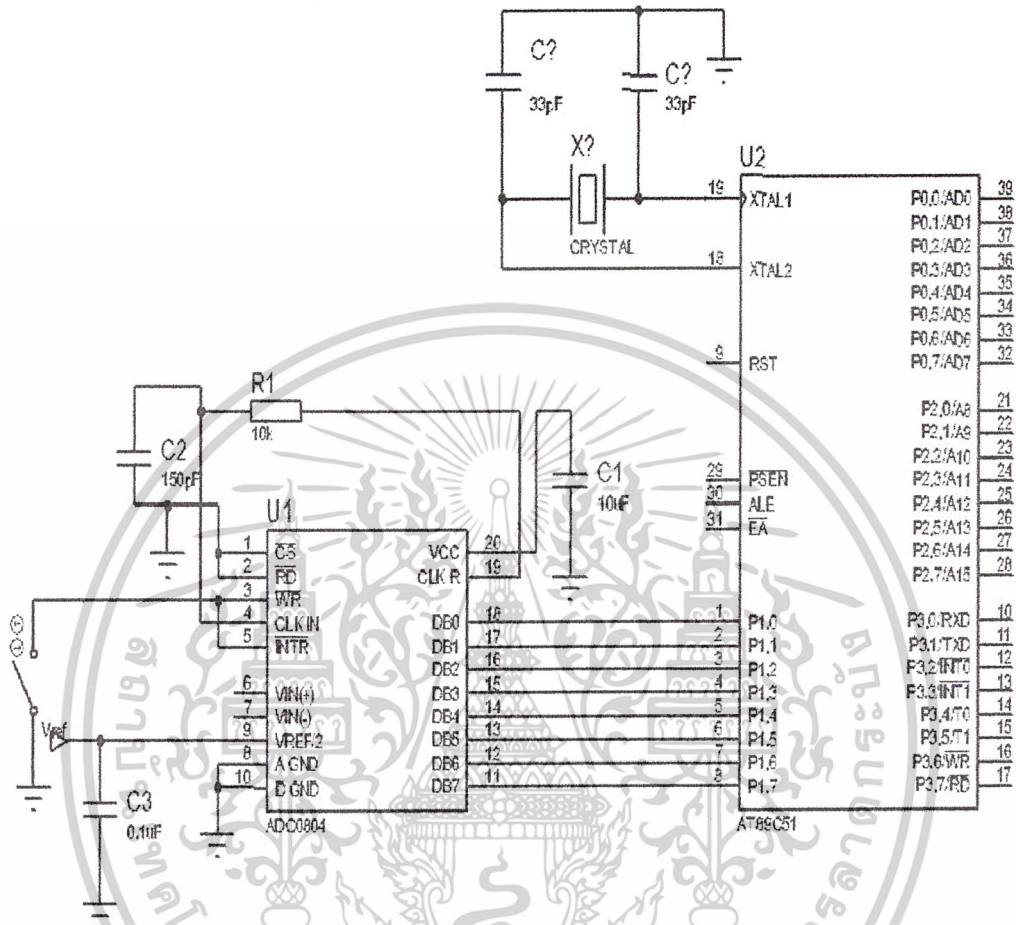
รูปที่ 3.1 ไอซี ADC 0804

คุณสมบัติของไอซี ADC0804 มีดังนี้

1. สามารถต่อใช้งานร่วมกับไมโครโปรเซสเซอร์(Microprocessors) ได้
2. เอาท์พุทมีขนาด 8 บิตแบบ TTL
3. สัญญาณอินพุทมีขนาด 0-5 โวลท์
4. แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ 6.5 โวลท์
5. แรงดันไฟฟ้าอ้างอิง 2.5 โวลท์
6. การผิดพลาดในการแปลงสัญญาณบวกลบ 1 บิต
7. ใช้สัญญาณนาฬิกา min = 100 kHz max = 1460 kHz
8. เวลาที่ใช้การแปลงสัญญาณ 100  $\mu$ s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## วงจรทดลองการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล (ADC)



รูปที่ 3.2 วงจรทดลองไอซี ADC0804

เมื่อได้ต่อวงจรดังรูปข้างบนแล้วไอซี จะรับสัญญาณอนาล็อกทางอินพุตแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลทางเอาต์พุต ที่ขา D0-D7 ซึ่งเอาต์พุตแต่ละขาต่อเข้ากับ พอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยตรงจากนั้นทำการอ่านค่าที่พอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์เมื่อมีอินพุตค่าต่างๆเข้ามา แปลงเป็น HEX code ซึ่งได้จากผลการทดลองวงจร A/D

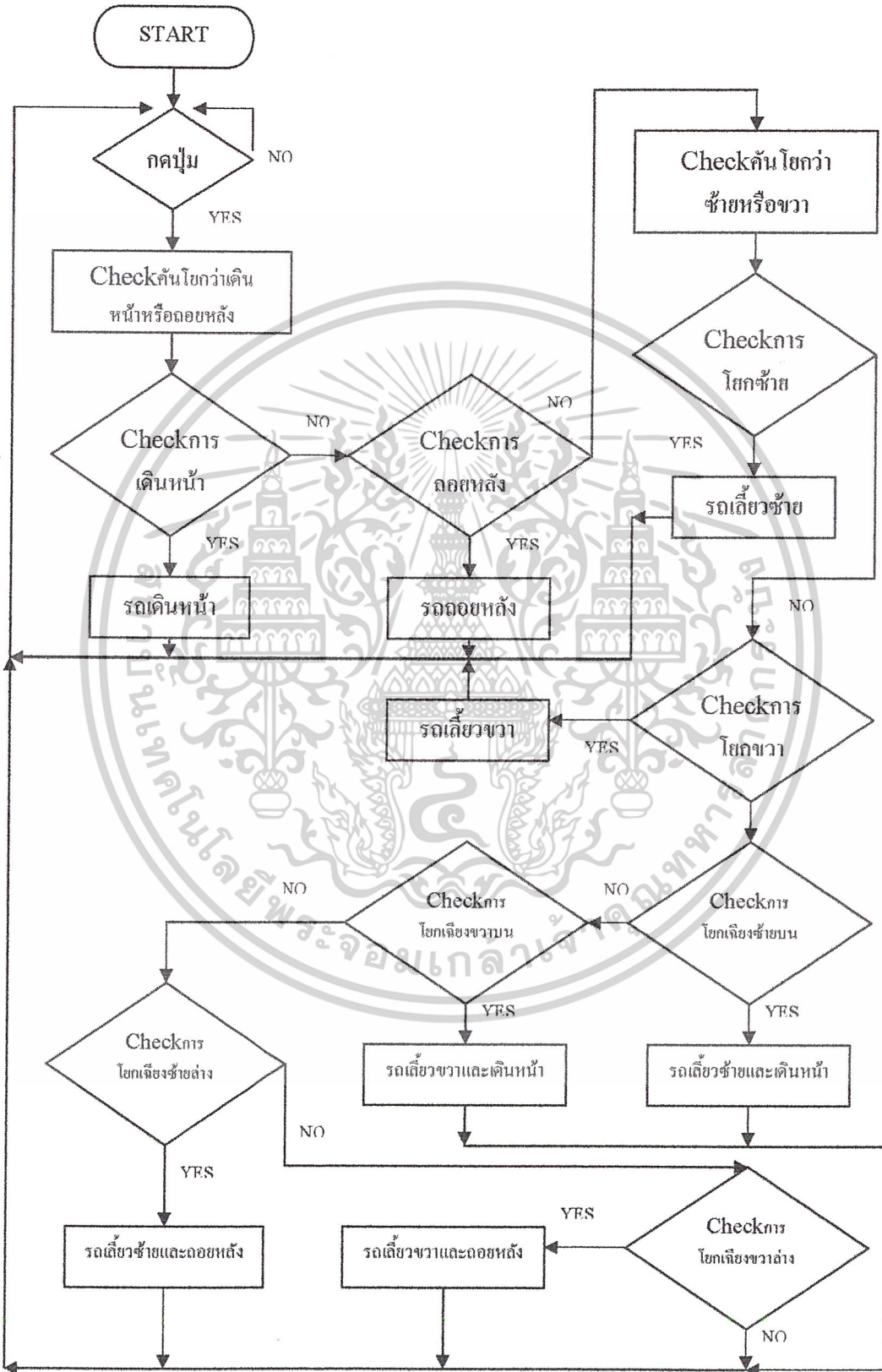
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Volt(v)	HEX code
0	00
0.5	1A
1	35
1.5	4F
2	69
2.5	83
3	9E
3.5	B8
4	D2
4.5	EC
5	FF

ตารางที่ 3.1 แสดงการแปลงค่าโวลต์เป็นรหัสคิิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 แผนผังการทำงานของโปรแกรม

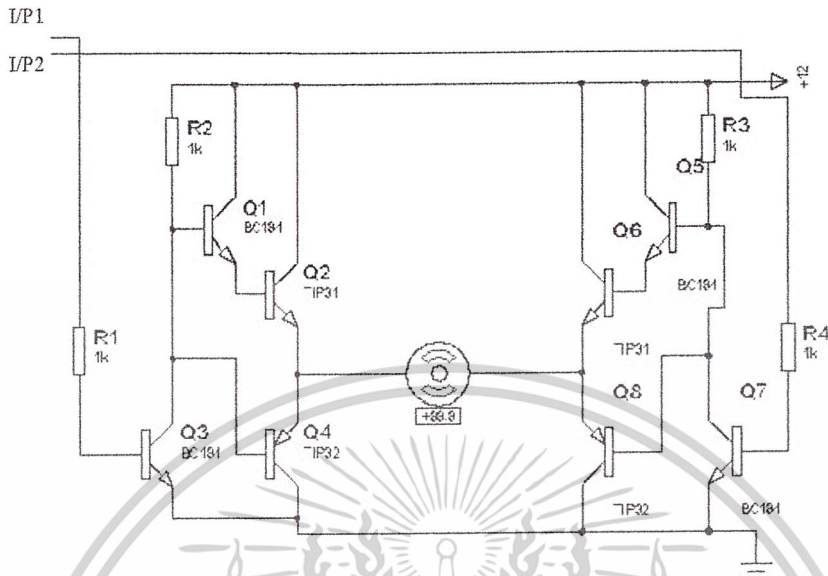


รูปที่ 3.3 Block Diagram แสดงการทำงานของโปรแกรม  
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ประโยชน์ในด้านการศึกษา  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของรถเข็น ซึ่งการที่รถจะเคลื่อนที่ได้ นั้น นอกจากการโยกจอยสติค แล้วจะต้องมีการกดปุ่มที่อยู่ด้านหน้าจอยสติคด้วย การที่ต้องกดปุ่มด้วย รถถึงจะเคลื่อนที่เราได้ทำขึ้นเพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้มากขึ้น ป้องกันการโยกจอยสติคโดยไม่ได้ตั้งใจ ดังนั้นเราจึงต้องมีการเช็คการกดปุ่มตลอดเวลา เมื่อเช็คเจอว่ามีการกดปุ่มแล้วเราจึงจะเช็คว่ามี การโยกจอยสติคไปข้างหน้าหรือข้างหลังหรือเปล่าถ้า เช็คว่ามีการโยกไปข้างหน้าก็จะสั่งให้มอเตอร์ ทั้ง 2 ตัวหมุนไปข้างหน้า เป็นการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ถ้าเช็คว่ามีการโยกไปข้างหลังก็จะสั่งให้ มอเตอร์หมุนกลับอีกทางคือการเคลื่อนที่ถอยหลัง ถ้าเช็คไม่เจอการ โยกไปข้างหน้าหรือข้างหลัง ต่อจากนั้นก็ทำการเช็คการโยกไปทางซ้ายและทางขวา เช่นเดียวกัน ถ้ามีการโยกไปทางซ้ายก็จะ สั่งให้มอเตอร์ที่อยู่ด้านขวาหมุนเพื่อเป็นการเลี้ยวทางซ้าย ถ้าเช็คเจอว่ามีการโยกไปทางขวาก็จะสั่ง ให้มอเตอร์ที่อยู่ทางซ้ายหมุนเพื่อเป็นการเลี้ยวทางขวา และถ้าเช็คเจอว่าโยกจอยสติคเฉียง ไปทาง ด้านหน้าซ้ายก็จะสั่งให้มอเตอร์ทั้ง 2 ข้างหมุนไปข้างหน้าซึ่งความเร็วของมอเตอร์จะไม่เท่ากันคือ กรณีนี้มอเตอร์ด้านขวาจะหมุนเร็วกว่ามอเตอร์ด้านซ้าย ทำให้รถมีการเคลื่อนที่เลี้ยวซ้ายพร้อมกับ ไป ข้างหน้า และถ้าเช็คเจอว่าจอยสติคโยกเฉียงไปด้านหน้าทางขวา ก็จะสั่งให้มอเตอร์หมุนไปข้างหน้า ด้วยความเร็วไม่เท่ากัน โดยมอเตอร์ตัวด้านซ้ายจะหมุนเร็วกว่ามอเตอร์ด้านขวาทำให้เป็นการเลี้ยว ขวาพร้อมกับเคลื่อนที่ไปข้างหน้า และในทางกลับกันถ้าเช็คเจอว่าจอยสติค โยกไปด้านหลังเฉียงทั้ง ด้านซ้ายและขวาก็จะสั่งให้มอเตอร์หมุนในทางกลับกันกับกรณีเฉียงด้านหน้าและอาศัยหลักการ เดียวกันคือการที่ให้มอเตอร์ทั้ง 2 ข้างหมุนด้วยความเร็วไม่เท่ากันทำให้รถเคลื่อนไปข้างหน้าพร้อม กับเลี้ยวได้

### 3.3 วงจร Drive Motor

ทรานซิสเตอร์ทุกตัวในวงจรนี้ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ โดยการทำงานของวงจรคือ เมื่อเราป้อน I/P1 เป็น high ทำให้ Q3,Q4 on และ Q1 off เนื่องจากเมื่อ Q3 on ทำให้กระแสไม่ไหลเข้าขาเบสของ Q1 และเมื่อ Q1 off Q2 ก็จะ off ด้วย และป้อน I/P2 เป็น low ทำให้ Q7,Q8 off ทำให้กระแสไหล เข้าขาเบสของ Q5 ทำให้ Q5 on เมื่อ Q5 on Q6 ก็จะ on ด้วย ทำให้กระแสไหลจาก Q5 ผ่าน Q6 ผ่าน มอเตอร์ และผ่าน Q4 ทำให้มอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา และถ้าป้อน I/P1 เป็น low และ I/P2 เป็น high การทำงานของทรานซิสเตอร์ทุกตัวจะกลับกับแบบแรกทั้งหมด

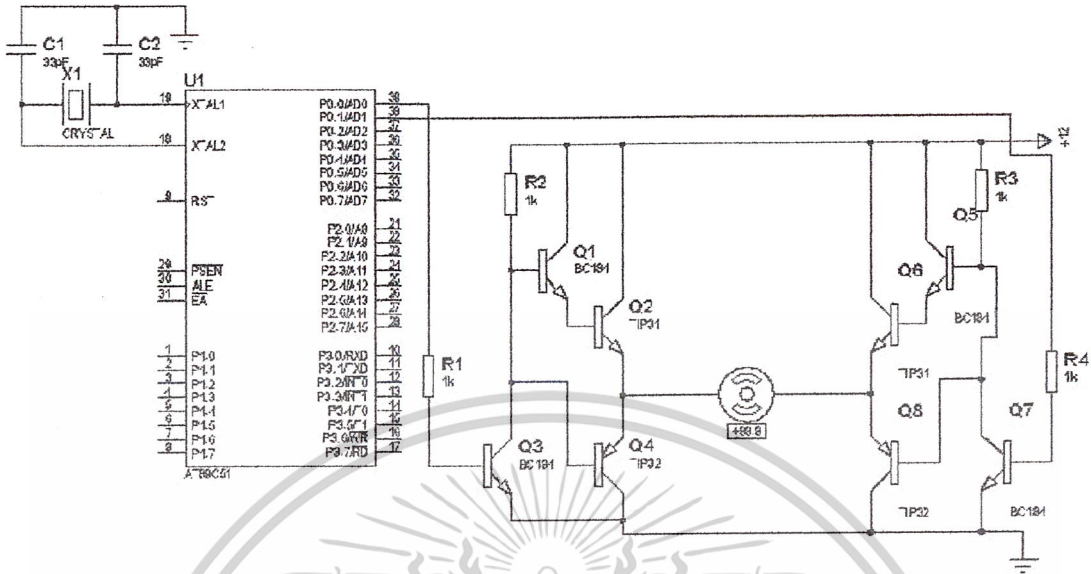


รูปที่ 3.4 วงจรขับมอเตอร์

### 3.4 ส่วนของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

ในส่วนนี้เราได้ต่อ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 กับวงจรขับมอเตอร์ซึ่งเวลาที่เรากำลังต้องการสั่งงานจะอาศัยความต่างของแรงดันที่ขาเอาพุตซึ่งในที่นี้เราได้ใช้ P0.0, P0.1, P0.2 และ P0.3 เป็นเอาพุตที่จะส่งสัญญาณไปยังวงจรขับมอเตอร์ เช่น ถ้าต้องการให้มอเตอร์หมุนไปด้านหน้าเราก็ต้องส่งค่า 1 ออกไปยัง P0.0 และ P0.2 และส่งค่า 0 ออกไปยัง P0.1 และ P0.3 และถ้าต้องการให้มอเตอร์หมุนไปด้านหลังเราก็ส่งสัญญาณในลักษณะกลับกัน เป็นต้น

และจากการที่เราเลือกใช้ดีซีมอเตอร์ เวลาที่เราต้องการที่จะควบคุมความเร็วของมอเตอร์เราจะต้องอาศัยหลักการของการป้อนพัลส์ที่มีค่าดีวีไอไซเคิลที่ต่างกันก็จะทำให้มอเตอร์หมุนด้วยความเร็วไม่เท่ากัน ถ้าค่าดีวีไอไซเคิลมีค่ามากก็จะให้แรงดันที่เข้าวงจรขับมอเตอร์มีค่ามาก ซึ่งลักษณะดังกล่าวเราได้จากกราฟผลการทดลอง ซึ่งจะเห็นว่าที่ค่าความเร็วต่างกันพัลส์ที่ได้จะมีค่าดีวีไอไซเคิลต่างกัน ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้จึงทำให้เราสามารถควบคุมความเร็วมอเตอร์ได้หลายค่า



รูปที่ 3.5 ส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์และขับเคลื่อนมอเตอร์

### 3.5 การคำนวณหาขนาดพิกัดมอเตอร์

ขนาดของล้อที่ใช้เป็นล้อแบบสูบลมมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 inch ( 1 inch = 2.54 cm )  
 ดังนั้นรัศมีของล้อเท่ากับ 0.14 m ความเร็วรอบอินดักชั่นมอเตอร์ทั่วไปแบบ 4 ขั้วแม่เหล็ก  
 ประมาณไม่เกิน 1500 rpm ซึ่งในการออกแบบต้องการให้รถวิ่งความเร็วสูงสุดเมื่อมอเตอร์  
 ทำงานที่พิกัดด้วยความเร็ว 1.5 m/s ( 5.4 km/hr ) จาก

$$v = \omega_w r$$

$$r = 1.5 / 0.1524$$

$$\omega_w = 9.84 \text{ rad/s}$$

ความเร็วรอบของล้อ มีค่าเท่ากับ  $( 9.84 * 60 ) / 2\pi$   
 $= 93.96 \text{ rpm}$

เพราะฉะนั้น อัตราครอของเฟืองเท่ากับ  $1500 / 93.96 = 15.96$  เท่า ดังนั้นเลือกเฟืองที่มีอัตราทด  
 รอบ 1 : 16

น้ำหนักของตัวรถและอุปกรณ์รวมกันทั้งหมดไม่เกิน 40 kg โดยน้ำหนักของคนนั่งประมาณไม่  
 เกิน 50 kg ดังนั้นน้ำหนักของภาระทางกลทั้งหมดที่มอเตอร์ทั้ง 2 ตัว ที่จะต้องขับเคลื่อนคือ 90 kg ในการ  
 ออกแบบรถนั้นต้องการให้รถวิ่งขึ้นทางลาดชันได้ไม่เกิน 30 องศา ดังนั้นสามารถหาพิกัดมอเตอร์  
 ได้ดังนี้

$$F = mg * \sin 30^\circ$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$F = 90 * 9.81 * \sin 30^\circ$$

$$= 441.45 \text{ N}$$

$$T = F * r$$

$$= 441.45 * 0.1524$$

$$= 67.27 \text{ N-m}$$

$$T_m = T * n$$

$$T_m = 67.27 / 16$$

$$= 4.2 \text{ N-m}$$

$$P_m = T_m * \omega_m$$

กำลังของมอเตอร์ 2 ตัว =  $T_2 * \omega_m$

$$= (4.2 * 1500 * 2 \pi) / 60$$

$$= 659.4 \text{ W}$$

กำลังของมอเตอร์ 1 ตัว =  $659.4 / 2 = 329.7 \text{ W}$  ดังนั้นเลือกขนาดมอเตอร์ 329.7 W 2 ตัว  
นำมาหาค่าความเร่งสูงสุดของตัวรถจาก

$$F = ma$$

แรงบิดที่ล้อ 2 ล้อ = แรงบิดของมอเตอร์ 2 ตัว \* อัตราทดรอบของเฟือง

$$= (329.7 * 2 * 16) / [(1500 * 2\pi) / 60]$$

$$= 67.2 \text{ N-m}$$

แรงเชิงเส้นที่ล้อกระทำต่อพื้น  $F = T_w / r = 67.2 / 0.1524 = 440.95 \text{ N}$

จากสมการ  $F = ma$

อัตราเร่งสูงสุดของรถ  $a = F/m$

$$= 440.95 / 90$$

$$= 4.9 \text{ m/s}^2$$

นั่นคือ รถจะสามารถเร่งความเร็วจาก 0-1.5 m/s ภายในเวลา  $t = 1.5 / 4.9 = 0.306 \text{ s}$

โดยมอเตอร์ที่นำมาใช้มีจำนวนรอบเท่ากับ 78 rpm และน้ำหนักรวมเท่ากับ 90 kg

เพราะฉะนั้น อัตราทดรอบของเฟืองเท่ากับ  $1500/78 = 19.23$  เท่า ดังนั้นเลือกเฟืองที่มีอัตราทดรอบ

1 : 20

$$T_m = T * n$$

$$T_m = 67.27 / 20$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= 3.36 \text{ N-m}$$

$$P_m = T_m * \omega_m$$

$$\text{กำลังของมอเตอร์ 2 ตัว} = T_2 * \omega_m$$

$$= (3.36 * 1500 * 2 \pi) / 60$$

$$= 527.52 \text{ W}$$

กำลังของมอเตอร์ 1 ตัว =  $527.52 / 2 = 263.76 \text{ W}$  ดังนั้นเลือกขนาดมอเตอร์ 263.76 W 2 ตัว

นำมาหาค่าความเร่งสูงสุดของตัวรถจาก

$$F = ma$$

แรงบิดที่ล้อ 2 ล้อ = แรงบิดของมอเตอร์ 2 ตัว \* อัตราทดรอบของเฟือง

$$= (263.76 * 2 * 16) / [(1500 * 2\pi) / 60]$$

$$= 53.76 \text{ N-m}$$

แรงเชิงเส้นที่ล้อกระทำต่อพื้น  $F = T_w / r = 53.76 / 0.1524 = 352.75 \text{ N}$

จากสมการ  $F = ma$

อัตราเร่งสูงสุดของรถ

$$a = F/m$$

$$= 352.75 / 90$$

$$= 3.9 \text{ m/s}^2$$

นั่นคือ รถจะสามารถเร่งความเร็วจาก 0-1.5 m/s ภายในเวลา  $t = 1.5 / 3.9 = 0.38 \text{ s}$

และถ้าหากคำนวณโดยไม่มีไหลด์ จะมีแต่น้ำหนักรถคือ 40kg

$$F = mg * \sin 30^\circ$$

$$F = 40 * 9.81 * \sin 30^\circ$$

$$= 196.2 \text{ N}$$

$$T = F * r$$

$$= 196.2 * 0.1524$$

$$= 29.9 \text{ N-m}$$

$$T_m = T * n$$

$$T_m = 29.9 / 20$$

$$= 1.495 \text{ N-m}$$

$$P_m = T_m * \omega_m$$

$$\text{กำลังของมอเตอร์ 2 ตัว} = T_2 * \omega_m$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= (1.495 * 1500 * 2 \pi) / 60$$

$$= 234.715 \text{ W}$$

กำลังของมอเตอร์ 1 ตัว =  $234.715 / 2 = 117.35 \text{ W}$  ค่าความเร่งสูงสุดของตัวรถจาก

$$F = ma$$

แรงบิดที่ล้อ 2 ล้อ = แรงบิดของมอเตอร์ 2 ตัว \* อัตราทดรอบของเฟือง

$$= (117.35 * 2 * 16) / [(1500 * 2\pi) / 60]$$

$$= 23.91 \text{ N-m}$$

แรงเชิงเส้นที่ล้อกระทำต่อพื้น  $F = T_w / r = 23.91 / 0.1524 = 156.89 \text{ N}$

จากสมการ  $F = ma$

อัตราเร่งสูงสุดของรถ  $a = F/m$

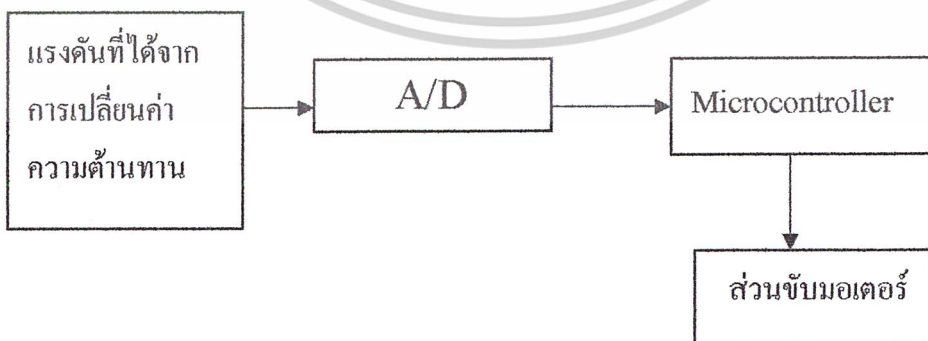
$$= 156.89 / 40$$

$$= 3.9 \text{ m/s}^2$$

นั่นคือ รถจะสามารถเร่งความเร็วจาก 0-1.5 m/s ภายในเวลา  $t = 1.5 / 3.9 = 0.38 \text{ s}$

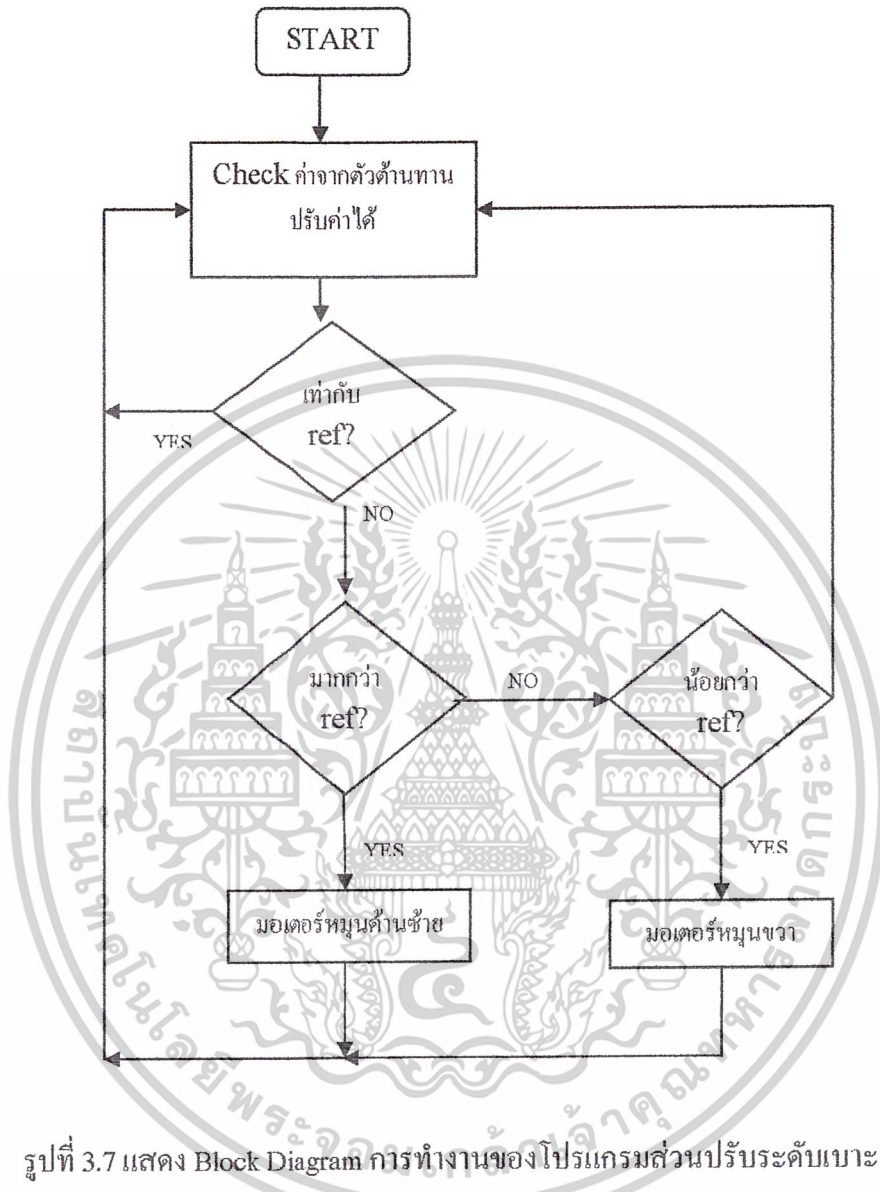
### 3.6 ส่วนของการปรับระดับเบาะ

ในส่วนของการปรับเบาะนี้ ได้อาศัยหลักการของการเปลี่ยนการแบ่งแรงดันไฟฟ้า โดยเรา ได้ใช้การปรับค่าของตัวต้านทานปรับค่าได้ แล้ววัดแรงดันที่ได้จากการเปลี่ยนค่าความต้านทานมา เป็นตัวตรวจสอบว่าเบาะได้เปลี่ยนระดับไปหรือไม่และได้ใช้มอเตอร์เป็นตัวยกปรับระดับเบาะซึ่ง อาศัยการหมุนของมอเตอร์ที่หมุนไปด้านหน้าและหมุนกลับด้านกันในการควบคุมทิศทางการยก เบาะ ลักษณะการทำงานของส่วนปรับเบาะนี้แสดงได้ดังบล็อกไดอะแกรม



รูปที่ 3.6 แสดง Block diagram การทำงานของส่วนปรับระดับเบาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แสดง Block Diagram การทำงานของโปรแกรมส่วนปรับระดับเบาะ

ซึ่งการทำงานของโปรแกรมนี้อาจใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เป็นตัวประมวลผล โดยจะทำการรับค่าจาก A/D ซึ่งต่อจากตัวต้านทานปรับค่าได้ เมื่อค่าความต้านทานมีค่าเปลี่ยนไปค่าอินพุตที่เข้ามาที่ A/D จะมีค่าเปลี่ยนไปทำให้เราสามารถรู้ได้ว่าตอนนี้ระดับเบาะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร โดยเราจะทำการตั้งค่า อ้างอิงของแรงดันที่ได้จากตัวต้านทานไว้ค่าหนึ่งซึ่งถ้าเมื่อตัวประมวลผลเช็คค่าที่ได้จาก A/D มีค่าเท่ากับค่าอ้างอิงค่านี้แสดงว่าระดับเบาะไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงก็จะมีคำสั่งให้มอเตอร์หมุนแต่เมื่อใดที่ตัวประมวลผลเช็คเจอว่าค่าอินพุตที่เข้ามายัง A/D มีค่าไม่เท่ากับค่าอ้างอิงจะทำการตรวจสอบว่ามีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าค่าอ้างอิงถ้ามากกว่าก็จะให้มอเตอร์หมุนซ้ายนั่นคือปรับระดับให้ยกขึ้นนั่นเองและถ้าค่าที่ตรวจสอบมีค่าน้อยกว่าค่าอ้างอิงก็เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะสั่งให้มอเตอร์หมุนด้านขวานั้นคือดึงระดับเบาะลงนั่นเองและระหว่างที่มีการหมุนของมอเตอร์อยู่นั้นก็จะมีเครื่องเช็คตลอดเวลาว่าตอนนี้ระดับของเบาะที่มีการปรับอยู่นี้กลับมาอยู่ที่ระดับอ้างอิงหรือยัง ถ้ายังไม่เท่าก็จะทำตามกระบวนการดังที่กล่าวมาคือเช็คว่ามีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าแล้วสั่งงานมอเตอร์หมุนตามที่เราตรวจสอบได้เมื่อค่าที่ตรวจได้มีค่าเท่ากับค่าอ้างอิงอีกครั้งก็จะมีมอเตอร์หยุด

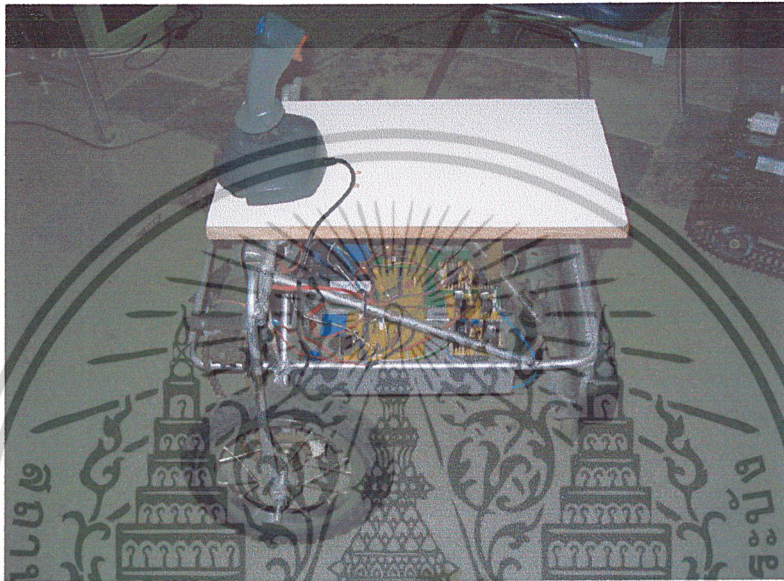


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

## การติดตั้งอุปกรณ์และผลการทดลอง

## 4.1 รูปภาพแสดงการติดตั้งอุปกรณ์

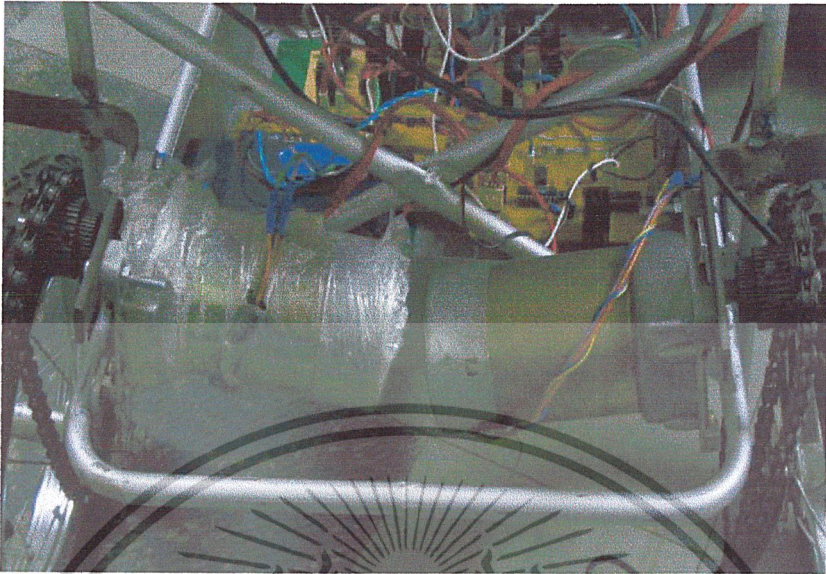


รูปที่ 4.1 รูปทั้งหมดของรถจำลอง



รูปที่ 4.2 ล้อของรถ ล้อหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



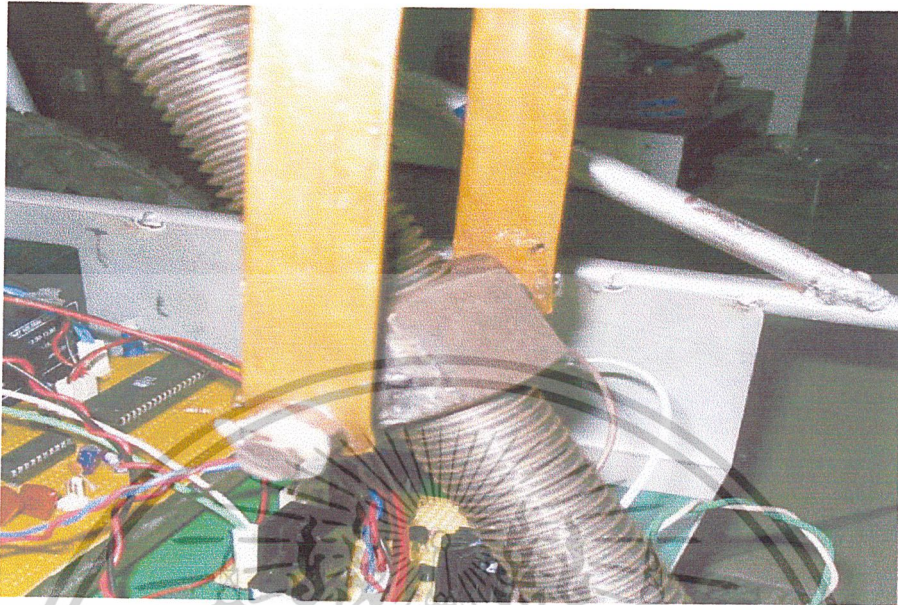
รูปที่ 4.3 รูปการติดตั้งมอเตอร์ที่ใช้ในการขับเคลื่อนรถ



รูปที่ 4.4 รูปการติดตั้งมอเตอร์ที่ใช้ในส่วนปรับระดับเบาะ

ซึ่งมอเตอร์ในส่วนปรับระดับเบาะนี้จะติดอยู่ด้านล่างของรถซึ่งจากในรูปเฟืองเล็กที่เห็นจะติดอยู่กับแกนเหล็กที่เป็นเกลียวเมื่อมอเตอร์หมุนจะทำให้แกนเหล็กนี้หมุนด้วยทำให้เบาะเลื่อนขึ้นเลื่อนลงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

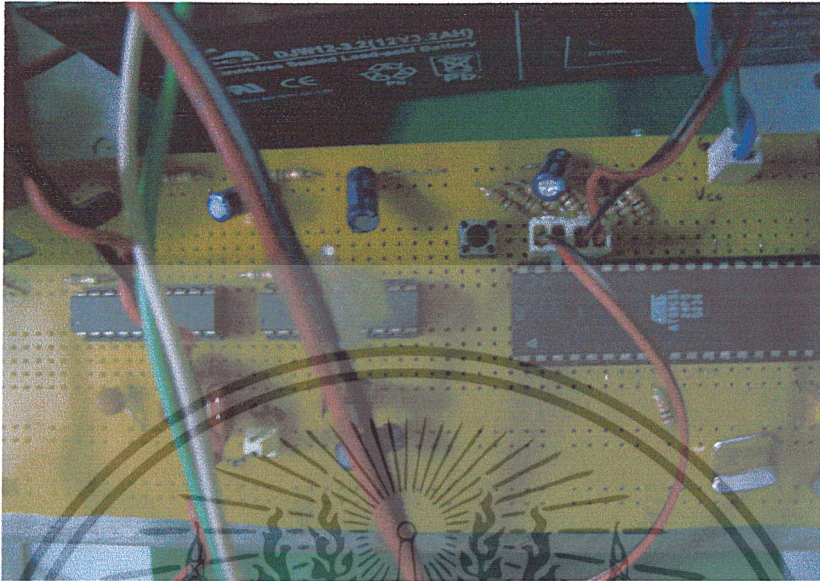


รูปที่ 4.5 รูปแกนเหล็กที่ใช้ในการยกระดับเบาะ



รูปที่ 4.6 ตัวต้านทานปรับค่าได้ที่ใช้เป็นตัวตรวจสอบความเอียงของเบาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 รูปวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ส่วนขับเคลื่อนมอเตอร์ควบคุมทิศทางการรถ

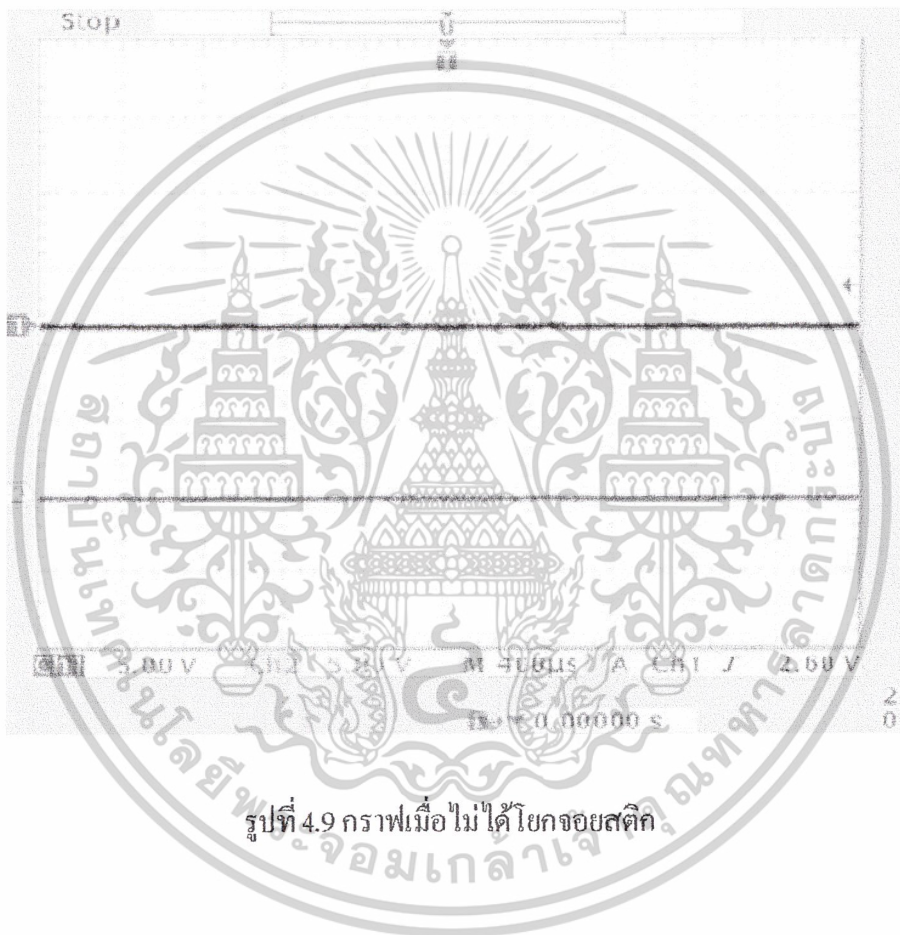


รูปที่ 4.8 รูปวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2 กราฟแสดงผลการทดลอง

ผลการทดลองแสดงกราฟลักษณะของสัญญาณที่เป็นอินพุตให้กับวงจรขั้วมอเตอร์ที่มีความเร็วต่างๆและเมื่อควบคุมให้มีทิศทางต่างๆกัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 กราฟเมื่อโยกจอยสติคไปข้างหน้าแต่ความเร็วลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 มอเตอร์ด้านขวาเมื่อเลียวซ้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 มอเตอร์ซ้ายเมื่อเลียขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากกราฟผลการทดลอง รูปที่ 4.10 และ 4.11 จะเห็นได้ว่าเป็นกราฟที่แสดงถึงรวงังไปด้านหน้า แต่ด้วยความเร็วที่ต่างกัน ซึ่งดูได้จากกราฟว่า รูปที่ 4.11 จะมีความกว้างของพัลส์ที่จุดอ้างอิง 2 มากกว่านั้นคือจะทำให้มอเตอร์หมุนช้ากว่าเพราะมีกระแสไหลผ่านมอเตอร์น้อยกว่า รูปที่ 4.12 ก็เช่นเดียวกันมอเตอร์หมุนไปข้างหน้าเหมือนกันแต่ความเร็วจะน้อยกว่าทั้งรูปที่ 4.10 และ 4.11 เพราะพัลส์จะกว้างกว่าทั้ง 2 รูป ในทางกลับกันกราฟรูปที่ 4.13 4.14 และ 4.15 จะเป็นกรณีที่มอเตอร์หมุนไปด้านหลังซึ่งผลที่ได้จะมีลักษณะเดียวกับที่มอเตอร์หมุนไปด้านหน้า คือ เมื่อพัลส์มีความกว้างมากขึ้นจะทำให้มอเตอร์หมุนช้าลงซึ่งนั่นก็คือหลักการพัลส์วิดมอดคูลชันนั่นเอง และจากรูปที่ 4.16 และ 4.17 จะเปรียบเทียบระหว่างมอเตอร์ด้านซ้ายและด้านขวาขณะที่รถเลี้ยวซ้ายซึ่งขณะรถเลี้ยวซ้ายมอเตอร์ขวาจะหมุนมอเตอร์ซ้ายจะหยุดทำให้เอาพุท ที่ได้มีพัลส์ที่เหมือนกัน กราฟรูปที่ 4.18 และ 4.19 เป็นกราฟเปรียบเทียบมอเตอร์ด้านซ้ายและขวามือรถเลี้ยวขวา มอเตอร์ด้านซ้ายจะหมุนทำให้พัลส์ที่ได้จากด้านซ้ายมีค่าเท่ากัน

## บทที่ 5

## สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

จากการดำเนินการทำโครงการนี้ในขั้นแรกเราได้ทำการศึกษาถึงรายละเอียดต่างๆของ คีชีมอเตอร์โดยการศึกษาทฤษฎีจากข้อมูลต่างๆ และได้ศึกษาถึงวงจรอื่นๆที่เราจะใช้ เป็นต้นว่า วงจรแปลงอนาล็อกเป็นดิจิตอล แล้วทำการทดลอง ซึ่งการที่เราได้ทำการศึกษา และทดลองก็มี ปัญหาหลายอย่างเช่นวงจรที่เราใช้ได้ผลไม่เป็นไปตามทฤษฎี ทำให้เสียเวลากับจุดนี้ไปเพื่อแก้ไขว่า มันเกิดจากอะไร ปัญหาที่เราเจอก็จะมีกับทุกส่วนที่เราได้ทำการทดลอง

ในส่วนของจอยสติคที่เราใช้นั้นเราต้องนำมาตัดแปลงแก้ไขให้การใช้งานเป็นไปอย่างที่เรา ต้องการคือตอนแรกที่เราได้จอยสติคมาเราได้ทดลองดูว่า เอาที่พุทจะออกมาเป็นอย่างไรเมื่อเราโยก จอยสติคไปด้านต่างๆ และนำผลที่ได้ไปใช้ในการประมวลผลต่อไป

เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านความเร็วของมอเตอร์ ทำให้เมื่อเรากำหนดความเร็วที่มีค่ามาก เกินไปจะทำให้คีชีมอเตอร์ไม่สามารถ เคลื่อนไหวได้

ในส่วนของการสร้างฮาร์ดแวร์ ซึ่งเราไม่มีความชำนาญนั้นทำให้เป็นอุปสรรคอยู่พอสมควร เพราะในบางอย่างที่เราสร้างขึ้นมานั้น บางครั้งก็ใช้ไม่ได้ทำให้ต้องเสียเวลาทำอันใหม่ นี่ก็เป็นเหตุผล หนึ่งที่ทำให้รหัสที่เราทำขึ้นมาอาจจะมีรูปร่างที่ไม่ค่อยเหมาะกับการใช้งานจริงซึ่งถ้าจะนำเอาไปเป็น แบบจำลองแบบของจริงก็ต้องมีการปรับปรุงให้เหมาะสมมากกว่านี้ต่อไป

แนวทางที่จะพัฒนาต่อไป จากการที่เราได้ทำการจำลองการทำงานของรถเซ็นไฟฟ้านี้ หลังจากที่เราสามารถควบคุมให้รถสามารถเดินหน้า-ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย-เลี้ยวขวาได้ เราได้ทำให้มี รหัสมีการปรับระดับเบาะเพื่อให้เบาะขนานกับพื้นตลอดเวลาเพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้ ซึ่งในที่นี้เรา ได้ใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้เป็นตัวเปรียบเทียบว่าเบาะได้มีการเปลี่ยนระดับไปอย่างไรแล้วผ่านตัว ประมวลผลแล้วทำการปรับระดับโดยใช้มอเตอร์ ซึ่งวิธีการนี้เป็นแค่เพียงแนวคิดเริ่มต้นเท่านั้น ซึ่ง ทางผู้จัดทำได้หวังว่า ต่อไปถ้าจะทำการสร้างอีกน่าจะมีอุปกรณ์ที่จะทำการตรวจจับการเปลี่ยนแปลง ที่แน่นอนและ ให้ผลชัดเจนมากกว่านี้

### บรรณานุกรม

- ผศ.ธีรวัฒน์ ประกอบผล “ การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์” บริษัทพิมพ์ดี จำกัด
- วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล, ธีรวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล “ เรียนรู้และปฏิบัติการ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟรช” บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนส์ จำกัด
- อุดม จนประดับ, “ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51(Micro Controller Mcs-51)” ศูนย์ผลิตตำรา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 2541
- ธีรยุทธ พงษ์ศิริ. “รถเข็นไฟฟ้า (electric wheels chair)” สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2540
- รุ่ง ปรารังรัตน์, วัชร ทะแมงพันธ์ “รถเข็นไฟฟ้าควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ (Electric wheels chair controlled by microcontroller)” สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2541.
- เกียรติศักดิ์ ชัยสวัสดิ์, อุกฤษณ์ เล่าหะวัฒน์ “รถเข็นไฟฟ้าสำหรับผู้ป่วยควบคุมโดยจอยสติค” สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2544.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

โปรแกรมควบคุมการทำงาน

	ORG	0000H
MOTOR_LEFT1	BIT	P0.0
MOTOR_LEFT2	BIT	P0.1
MOTOR_RIGHT1	BIT	P0.2
MOTOR_RIGHT2	BIT	P0.3
MAIN:	MOV	P0,#00H
CHK_SW:	JB	P3.2,CHK_SW
CHK_CENTER:	MOV	A,P1
	MOV	22H,A
	ANL	A,#0F0H
	MOV	R0,A
	MOV	A,P2
	MOV	23H,A
	ANL	A,#0F0H
	MOV	R3,A
	CJNE	R0,#10010000B,CHK1
	CJNE	R3,#01100000B,SS
	SJMP	CHK_SW
CHK1:	CJNE	R0,#11000000B,CHK_YDOWN
	MOV	A,23H
	SUBB	A,#10111010B
	JC	YY
	ACALL	FOR_LEFT
	SJMP	CHK_SW
YY:	MOV	A,23H
	SUBB	A,#00001111B
	JNC	AA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	ACALL	FOR_RIGHT
	SJMP	CHK_SW
CHK_YDOWN:	CJNE	R3,#01010000B,AA
	MOV	A,23H
	SUBB	A,#10111010B
	JC	ZZ
	ACALL	BACK_LEFT
	SJMP	CHK_SW
ZZ:	MOV	A,23H
	SUBB	A,#00001111B
	JNC	AA
	ACALL	BACK_RIGHT
	SJMP	CHK_SW
AA:	ACALL	CHK_Y
	MOV	P0,#00
	SJMP	CHK_SW
SS:	ACALL	CHK_X
	MOV	P0,#00
	SJMP	CHK_SW
CHK_Y:	CJNE	R3,#01100000B,JMP
	MOV	A,22H
	SUBB	A,#10011001B
	JNC	CHK_UP
	SJMP	CHK_DOWN
JMP:	LJMP	BACK1
CHK_UP:	MOV	A,22H
	SUBB	A,#0A0H
	JNC	PP
	SJMP	BACK1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PP:	MOV	A,22H
	SUBB	A,#0B7H
	JNC	PP1
	MOV	R1,#030H ;speed1
	ACALL	FORWARD
	SJMP	BACK1
PP1:	MOV	A,22H
	SUBB	A,#0C7H
	JNC	PP2
	MOV	R1,#020H ;speed2
	ACALL	FORWARD
	SJMP	BACK1
PP2:	MOV	A,22H
	SUBB	A,#0D7H
	JNC	PP3
	MOV	R1,#010H ;speed3
	ACALL	FORWARD
	SJMP	BACK1
PP3:	MOV	A,22H
	SUBB	A,#0E7H
	JNC	PP4
	MOV	R1,#008H ;speed4
	ACALL	FORWARD
	SJMP	BACK1
PP4:	MOV	R1,#001H ;speed5
	ACALL	FORWARD
	SJMP	BACK1
CHK_DOWN:	MOV	A,22H
	SUBB	A,#060H
	JNC	BACK1
	MOV	A,22H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	SUBB	A,#052H
	JNC	PP5
	MOV	A,22H
	SUBB	A,#048H
	JNC	PP6
	MOV	A,22H
	SUBB	A,#03EH
	JNC	PP7
	MOV	A,22H
	SUBB	A,#034H
	JNC	PP8
	MOV	R1,#0FAH ;speed5
	ACALL	BACKWARD
	SJMP	BACK1
PP8:	MOV	R1,#0EAH ;speed4
	ACALL	BACKWARD
	SJMP	BACK1
PP7:	MOV	R1,#0DAH ;speed3
	ACALL	BACKWARD
	SJMP	BACK1
PP5:	MOV	R1,#0AAH ;speed1
	ACALL	BACKWARD
	SJMP	BACK1
PP6:	MOV	R1,#0BAH ;speed2
	ACALL	BACKWARD
BACK1:	RET	
CHK_X:	MOV	A,23H
	SUBB	A,#01100010B
	JNC	CHK_LEFT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	SJMP	CHK_RIGHT	
CHK_LEFT:	MOV	A,23H	
	SUBB	A,#10100111B	
	JNC	WW	
	SJMP	BACK2	
WW:	MOV	A,23H	
	SUBB	A,#0BDH	
	JNC	WW1	
	MOV	R1,#050H ;speed1	
	ACALL	TURN_LEFT	
	SJMP	BACK2	
WW1:	MOV	A,23H	
	SUBB	A,#0C3H	
	JNC	WW2	
	MOV	R1,#040H ;speed2	
	ACALL	TURN_LEFT	
	SJMP	BACK2	
WW2:	MOV	A,23H	
	SUBB	A,#0C9H	
	JNC	WW3	
	MOV	R1,#030H ;speed3	
	ACALL	TURN_LEFT	
	SJMP	BACK2	
WW3:	MOV	A,23H	
	SUBB	A,#0CFH	
	JNC	WW4	
	MOV	R1,#020H ;speed4	
	ACALL	TURN_LEFT	
	SJMP	BACK2	
WW4:	MOV	R1,#010H ;speed5	
	ACALL	TURN_LEFT	
	SJMP	BACK2	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CHK_RIGHT:      MOV      A,23H
                SUBB     A,#00111000B
                JNC      BACK2
                MOV      A,23H
                SUBB     A,#02DH
                JNC      WW5
                MOV      A,R3
                SUBB     A,#022H
                JNC      WW6
                MOV      A,23H
                SUBB     A,#017H
                JNC      WW7
                MOV      A,23H
                SUBB     A,#0CH
                JNC      WW8
                MOV      R1,#050H      ;speed5
                ACALL    TURN_RIGHT
                SJMP     BACK2

WW8:            MOV      R1,#040H      ;speed4
                ACALL    TURN_RIGHT
                SJMP     BACK2

WW7:            MOV      R1,#005H      ;speed3
                ACALL    TURN_RIGHT
                SJMP     BACK2

WW5:            MOV      R1,#030H      ;speed1
                ACALL    TURN_RIGHT

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

                SJMP          BACK2          ;speed2
WW6:           MOV          R1,#020H
                ACALL       TURN_RIGHT
BACK2:        RET

```

```

;***** FORWARD *****

```

```

FORWARD:      MOV          P0,#OFFH
                MOV          A,#OFFH
PULSE:        CLR          C
                SUBB        A,R1
                MOV          R2,A
PULSE_ON:     SETB        MOTOR_LEFT2
                SETB        MOTOR_RIGHT1
                DJNZ        R1,PULSE_ON
PULSE_OFF:    CLR          MOTOR_LEFT2
                CLR          MOTOR_RIGHT1
                DJNZ        R2,PULSE_OFF
BACK3:        RET

```

```

;***** BACKWARD *****

```

```

BACKWARD:     MOV          P0,#00H
                MOV          A,#OFFH
PULSE1:       CLR          C
                SUBB        A,R1
                MOV          R2,A
PULSE_ON1:    SETB        MOTOR_LEFT2
                SETB        MOTOR_RIGHT1
                DJNZ        R1,PULSE_ON1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

PULSE_OFF1:      CLR          MOTOR_LEFT2
                  CLR          MOTOR_RIGHT1
                  DJNZ         R2,PULSE_OFF1
BACK4:           RET

```

```

;***** TURN LEFT *****

```

```

TURN_LEFT:      MOV          PO,#OFFH
                  MOV          A,#OFFH

```

```

PULSE2:         CLR          C
                  SUBB         A,R1
                  MOV          R2,A

```

```

PULSE_ON2:     SETB         MOTOR_RIGHT1
                  DJNZ         R1,PULSE_ON2

```

```

PULSE_OFF2:    CLR          MOTOR_RIGHT1
                  DJNZ         R2,PULSE_OFF2

```

```

BACK5:         RET

```

```

;***** TURN RIGHT *****

```

```

TURN_RIGHT:    MOV          PO,#OFFH
                  MOV          A,#OFFH

```

```

PULSE3:        CLR          C
                  SUBB         A,R1
                  MOV          R2,A

```

```

PULSE_ON3:     SETB         MOTOR_LEFT2
                  DJNZ         R1,PULSE_ON3

```

```

PULSE_OFF3:    CLR          MOTOR_LEFT2
                  DJNZ         R2,PULSE_OFF3

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

BACK6:                RET

;***** FORWARD LEFT *****
FOR_LEFT:             MOV                P0,#0FFH
                     MOV                R1,#070H
                     MOV                A,#0FFH
                     ;SETB             MOTOR_LEFT1
                     ;CLR              MOTOR_LEFT2

```

```

PULSE4:              CLR                C
                     SUBB              A,R1
                     MOV                R2,A
                     SETB              MOTOR_RIGHT1
                     CLR                MOTOR_RIGHT2
PULSE_ON4:           SETB              MOTOR_LEFT1
                     DJNZ              R1,PULSE_ON4
PULSE_OFF4:          CLR                MOTOR_LEFT1
                     DJNZ              R2,PULSE_OFF4
BACK7:               RET

```

```

;***** FORWARD RIGHT *****
FOR_RIGHT:           MOV                P0,#0FFH
                     MOV                R1,#070H
                     MOV                A,#0FFH
                     ;SETB             MOTOR_LEFT1
                     ;CLR              MOTOR_LEFT2

```

```

PULSE5:              CLR                C
                     SUBB              A,R1
                     MOV                R2,A

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

SETB MOTOR_LEFT1
CLR MOTOR_LEFT2

PULSE_ON5: SETB MOTOR_RIGHT1
DJNZ R1,PULSE_ON5

PULSE_OFF5: CLR MOTOR_RIGHT1
DJNZ R2,PULSE_OFF5

BACK8: RET

```

```

;***** BACKWARD LEFT *****

```

```

BACK_LEFT: MOV P0,#00H
MOV R1,#070H
MOV A,#0FFH
PULSE6: CLR C
SUBB A,R1
MOV R2,A
CLR MOTOR_LEFT1
SETB MOTOR_LEFT2
PULSE_ON6: SETB MOTOR_RIGHT1
DJNZ R1,PULSE_ON6
PULSE_OFF6: CLR MOTOR_RIGHT1
DJNZ R2,PULSE_OFF6
BACK9: RET

```

```

;***** BACKWARD RIGHT *****

```

```

BACK_RIGHT: MOV P0,#00H
MOV R1,#070H
MOV A,#0FFH

PULSE7: CLR C
SUBB A,R1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	MOV	R2,A
	CLR	MOTOR_LEFT1
	SETB	MOTOR_LEFT2
PULSE_ON7:	SETB	MOTOR_RIGHT1
	DJNZ	R1,PULSE_ON7
PULSE_OFF7:	CLR	MOTOR_RIGHT1
	DJNZ	R2,PULSE_OFF7
BACK10:	RET	
	END	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## โปรแกรมควบคุมการปรับระดับเขาะ

```

                ORG                0000H
MOTOR_LEFT1   BIT                P1.6
MOTOR_LEFT2   BIT                P1.7

                MOV                P1,#00H
                MOV                A,#00H
    
```

```

MAIN:          MOV                A,P3
                MOV                R0,A
                CJNE               A,#10010000B,CHK1
                MOV                P1,#00H
                SJMP               MAIN

CHK1:          SUBB               A,#10010000B
                JNC                CHK2
                SJMP               FORWARD

CHK2:          CJNE               R0,#10100100B,CHK3
                MOV                P1,#00H
                SJMP               MAIN

CHK3:          MOV                A,R0
                SUBB               A,#10100100B
                JNC                BACKWARD
                MOV                P1,#00
                SJMP               MAIN
    
```

\*\*\*\*\* FORWARD \*\*\*\*\*

```

FORWARD:      MOV                P0,#OFFH
                MOV                R1,#050H
                MOV                A,#OFFH
    
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

PULSE:      CLR          C
            SUBB        A,R1
            MOV          R2,A
PULSE_ON:   SETB        MOTOR_LEFT2
            DJNZ        R1,PULSE_ON
PULSE_OFF:  CLR          MOTOR_LEFT2
            DJNZ        R2,PULSE_OFF
            SJMP        MAIN

```

```

;***** BACKWARD *****

```

```

BACKWARD:   MOV          P0,#00H
            MOV          R1,#010H
            MOV          A,#0FFH
PULSE1:     CLR          C
            SUBB        A,R1
            MOV          R2,A
PULSE_ON1:  SETB        MOTOR_LEFT2
            DJNZ        R1,PULSE_ON1
PULSE_OFF1: CLR          MOTOR_LEFT2
            DJNZ        R2,PULSE_OFF1
            SJMP        MAIN
            END

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ADC0801/ADC0802/ADC0803/ADC0804/ADC0805 8-Bit $\mu$ P Compatible A/D Converters

## General Description

The ADC0801, ADC0802, ADC0803, ADC0804 and ADC0805 are CMOS 8-bit successive approximation A/D converters that use a differential potentiometric ladder—similar to the 256R products. These converters are designed to allow operation with the NSC800 and INS8080A derivative control bus with TRI-STATE<sup>®</sup> output latches directly driving the data bus. These A/Ds appear like memory locations or I/O ports to the microprocessor and no interfacing logic is needed.

Differential analog voltage inputs allow increasing the common-mode rejection and offsetting the analog zero input voltage value. In addition, the voltage reference input can be adjusted to allow encoding any smaller analog voltage span to the full 8 bits of resolution.

- Differential analog voltage inputs
- Logic inputs and outputs meet both MOS and TTL voltage level specifications
- Works with 2.5V (LM336) voltage reference
- On-chip clock generator
- 0V to 5V analog input voltage range with single 5V supply
- No zero adjust required
- 0.3" standard width 20-pin DIP package
- 20-pin molded chip carrier or small outline package
- Operates ratiometrically or with 5 V<sub>DC</sub>, 2.5 V<sub>DC</sub>, or analog span adjusted voltage reference

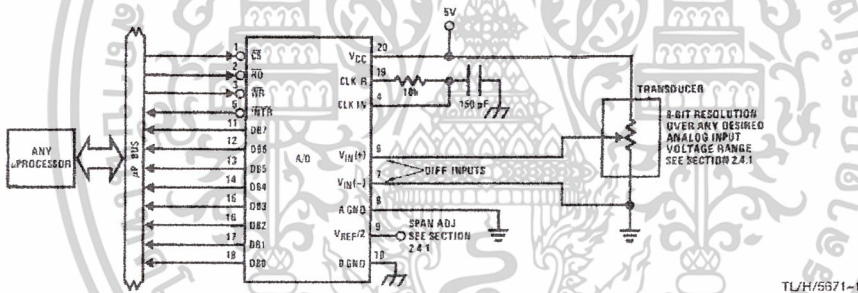
## Features

- Compatible with 8080  $\mu$ P derivatives—no interfacing logic needed - access time - 135 ns
- Easy interface to all microprocessors, or operates "stand alone"

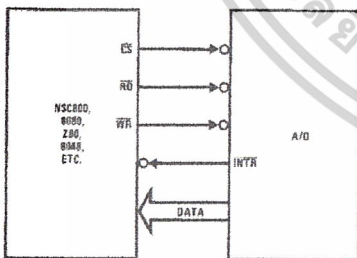
## Key Specifications

- Resolution 8 bits
- Total error  $\pm 1/4$  LSB,  $\pm 1/2$  LSB and  $\pm 1$  LSB
- Conversion time 100  $\mu$ s

## Typical Applications



## 8080 Interface



TL/H/5571-31

## Error Specification (Includes Full-Scale, Zero Error, and Non-Linearity)

Part Number	Full-Scale Adjusted	V <sub>REF</sub> /2 = 2.500 V <sub>DC</sub> (No Adjustments)	V <sub>REF</sub> /2 = No Connection (No Adjustments)
ADC0801	$\pm 1/4$ LSB		
ADC0802		$\pm 1/2$ LSB	
ADC0803	$\pm 1/2$ LSB		
ADC0804		$\pm 1$ LSB	
ADC0805			$\pm 1$ LSB

TRI-STATE<sup>®</sup> is a registered trademark of National Semiconductor Corp.  
Z-90<sup>®</sup> is a registered trademark of Zilog Corp.

## Absolute Maximum Ratings (Notes 1 & 2)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage ( $V_{CC}$ ) (Note 3)	6.5V
Voltage	
Logic Control Inputs	-0.3V to +18V
At Other Input and Outputs	-0.3V to ( $V_{CC} + 0.3V$ )
Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)	
Dual-In-Line Package (plastic)	260°C
Dual-In-Line Package (ceramic)	300°C
Surface Mount Package	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C

Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Package Dissipation at $T_A = 25^\circ\text{C}$	875 mW
ESD Susceptibility (Note 10)	800V

## Operating Ratings (Notes 1 & 2)

Temperature Range	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$
ADC0801/02LJ, ADC0802LJ/883	$-55^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$
ADC0801/02/03/04LCJ	$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +85^\circ\text{C}$
ADC0801/02/03/05LCN	$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +85^\circ\text{C}$
ADC0804LCN	$0^\circ\text{C} \leq T_A \leq +70^\circ\text{C}$
ADC0802/03/04LCV	$0^\circ\text{C} \leq T_A \leq +70^\circ\text{C}$
ADC0802/03/04LCWM	$0^\circ\text{C} \leq T_A \leq +70^\circ\text{C}$
Range of $V_{CC}$	$4.5 V_{DC}$ to $6.3 V_{DC}$

## Electrical Characteristics

The following specifications apply for  $V_{CC} = 5 V_{DC}$ ,  $T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$  and  $f_{CLK} = 640 \text{ kHz}$  unless otherwise specified.

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
ADC0801: Total Adjusted Error (Note 8)	With Full-Scale Adj. (See Section 2.5.2)			$\pm 1/4$	LSB
ADC0802: Total Unadjusted Error (Note 8)	$V_{REF}/2 = 2.500 V_{DC}$			$\pm 1/2$	LSB
ADC0803: Total Adjusted Error (Note 8)	With Full-Scale Adj. (See Section 2.5.2)			$\pm 1/2$	LSB
ADC0804: Total Unadjusted Error (Note 8)	$V_{REF}/2 = 2.500 V_{DC}$			$\pm 1$	LSB
ADC0805: Total Unadjusted Error (Note 8)	$V_{REF}/2$ -No Connection			$\pm 1$	LSB
$V_{REF}/2$ Input Resistance (Pin 9)	ADC0801/02/03/05 ADC0804 (Note 9)	2.5 0.75	8.0 1.1		k $\Omega$ k $\Omega$
Analog Input Voltage Range	(Note 4) $V(+)$ or $V(-)$	Gnd-0.05		$V_{CC} + 0.05$	$V_{DC}$
DC Common-Mode Error	Over Analog Input Voltage Range		$\pm 1/4$	$\pm 1/8$	LSB
Power Supply Sensitivity	$V_{CC} = 5 V_{DC} \pm 10\%$ Over Allowed $V_{IN}(+)$ and $V_{IN}(-)$ Voltage Range (Note 4)		$\pm 1/4$	$\pm 1/8$	LSB

## AC Electrical Characteristics

The following specifications apply for  $V_{CC} = 5 V_{DC}$  and  $T_A = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
$T_C$	Conversion Time	$f_{CLK} = 640 \text{ kHz}$ (Note 6)	103		114	$\mu\text{s}$
$T_C$	Conversion Time	(Note 5, 6)	66		73	$1/f_{CLK}$
$f_{CLK}$	Clock Frequency Clock Duty Cycle	$V_{CC} = 5V$ , (Note 5) (Note 5)	100 40	640	1460 60	kHz %
CR	Conversion Rate in Free-Running Mode	$\overline{INTR}$ tied to $\overline{WR}$ with $\overline{CS} = 0 V_{DC}$ , $f_{CLK} = 640 \text{ kHz}$	8770		9708	conv/s
$t_{W(\overline{WR})}$	Width of $\overline{WR}$ Input (Start Pulse Width)	$\overline{CS} = 0 V_{DC}$ (Note 7)	100			ns
$t_{ACC}$	Access Time (Delay from Falling Edge of $\overline{RD}$ to Output Data Valid)	$C_L = 100 \text{ pF}$		135	200	ns
$t_{1H}, t_{0H}$	TRI-STATE Control (Delay from Rising Edge of $\overline{RD}$ to Hi-Z State)	$C_L = 10 \text{ pF}$ , $R_L = 10 \text{ k}$ (See TRI-STATE Test Circuits)		125	200	ns
$t_{WI}, t_{RI}$	Delay from Falling Edge of $\overline{WR}$ or $\overline{RD}$ to Reset of $\overline{INTR}$			300	450	ns
$C_{IN}$	Input Capacitance of Logic Control Inputs			5	7.5	pF
$C_{OUT}$	TRI-STATE Output Capacitance (Data Buffers)			5	7.5	pF

**CONTROL INPUTS** [Note: CLK IN (Pin 4) is the input of a Schmitt trigger circuit and is therefore specified separately]

$V_{IN}(1)$	Logical "1" Input Voltage (Except Pin 4 CLK IN)	$V_{CC} = 5.25 V_{DC}$	2.0		15	$V_{DC}$
-------------	---	------------------------	-----	--	----	----------

## AC Electrical Characteristics (Continued)

The following specifications apply for  $V_{CC} = 5V_{DC}$  and  $T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$ , unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
<b>CONTROL INPUTS</b> [Note: CLK IN (Pin 4) is the input of a Schmitt trigger circuit and is therefore specified separately]						
$V_{IN(0)}$	Logical "0" Input Voltage (Except Pin 4 CLK IN)	$V_{CC} = 4.75 V_{DC}$			0.8	$V_{DC}$
$I_{IN(1)}$	Logical "1" Input Current (All Inputs)	$V_{IN} = 5 V_{DC}$		0.005	1	$\mu A_{DC}$
$I_{IN(0)}$	Logical "0" Input Current (All Inputs)	$V_{IN} = 0 V_{DC}$	-1	-0.005		$\mu A_{DC}$
<b>CLOCK IN AND CLOCK R</b>						
$V_{T+}$	CLK IN (Pin 4) Positive Going Threshold Voltage		2.7	3.1	3.5	$V_{DC}$
$V_{T-}$	CLK IN (Pin 4) Negative Going Threshold Voltage		1.5	1.8	2.1	$V_{DC}$
$V_H$	CLK IN (Pin 4) Hysteresis ( $V_{T+} - V_{T-}$ )		0.6	1.3	2.0	$V_{DC}$
$V_{OUT(0)}$	Logical "0" CLK R Output Voltage	$I_O = 360 \mu A$ $V_{CC} = 4.75 V_{DC}$			0.4	$V_{DC}$
$V_{OUT(1)}$	Logical "1" CLK R Output Voltage	$I_O = -360 \mu A$ $V_{CC} = 4.75 V_{DC}$	2.4			$V_{DC}$
<b>DATA OUTPUTS AND INTR</b>						
$V_{OUT(0)}$	Logical "0" Output Voltage Data Outputs INTR Output	$I_{OUT} = 1.6 mA, V_{CC} = 4.75 V_{DC}$ $I_{OUT} = 1.0 mA, V_{CC} = 4.75 V_{DC}$			0.4 0.4	$V_{DC}$ $V_{DC}$
$V_{OUT(1)}$	Logical "1" Output Voltage	$I_O = -360 \mu A, V_{CC} = 4.75 V_{DC}$	2.4			$V_{DC}$
$V_{OUT(1)}$	Logical "1" Output Voltage	$I_O = -10 \mu A, V_{CC} = 4.75 V_{DC}$	4.5			$V_{DC}$
$I_{OUT}$	TRI-STATE Disabled Output Leakage (All Data Buffers)	$V_{OUT} = 0 V_{DC}$ $V_{OUT} = 5 V_{DC}$	-3		3	$\mu A_{DC}$ $\mu A_{DC}$
$I_{SOURCE}$		$V_{OUT}$ Short to Gnd, $T_A = 25^\circ C$	4.5	6		$mA_{DC}$
$I_{SINK}$		$V_{OUT}$ Short to $V_{CC}$ , $T_A = 25^\circ C$	9.0	16		$mA_{DC}$
<b>POWER SUPPLY</b>						
$I_{CC}$	Supply Current (Includes Ladder Current)  ADC0801/02/03/04LCJ/05 ADC0804LCN/LCV/LCWM	$f_{CLK} = 840 kHz$ , $V_{REF/2} = NC, T_A = 25^\circ C$ and $CS = 5V$		1.1 1.9	1.8 2.5	$mA$ $mA$

**Note 1:** Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its specified operating conditions.

**Note 2:** All voltages are measured with respect to Gnd, unless otherwise specified. The separate A Gnd point should always be wired to the D Gnd.

**Note 3:** A zener diode exists, internally, from  $V_{CC}$  to Gnd and has a typical breakdown voltage of  $7 V_{DC}$ .

**Note 4:** For  $V_{IN(-)} \geq V_{IN(+)}$  the digital output code will be 0000 0000. Two on-chip diodes are tied to each analog input (see block diagram) which will forward conduct for analog input voltages one diode drop below ground or one diode drop greater than the  $V_{CC}$  supply. Be careful, during testing at low  $V_{CC}$  levels (4.5V), as high level analog inputs (5V) can cause this input diode to conduct—especially at elevated temperatures, and cause errors for analog inputs near full-scale. The spec allows 50 mV forward bias of either diode. This means that as long as the analog  $V_{IN}$  does not exceed the supply voltage by more than 50 mV, the output code will be correct. To achieve an absolute 0  $V_{DC}$  to  $5 V_{DC}$  input voltage range will therefore require a minimum supply voltage of  $4.950 V_{DC}$  over temperature variations, initial tolerance and loading.

**Note 5:** Accuracy is guaranteed at  $f_{CLK} = 640 kHz$ . At higher clock frequencies accuracy can degrade. For lower clock frequencies, the duty cycle limits can be extended so long as the minimum clock high time interval or minimum clock low time interval is no less than 275 ns.

**Note 6:** With an asynchronous start pulse, up to 8 clock periods may be required before the internal clock phases are proper to start the conversion process. The start request is internally latched, see Figure 2 and section 2.0.

**Note 7:** The  $CS$  input is assumed to bracket the  $WR$  strobe input and therefore timing is dependent on the  $WR$  pulse width. An arbitrarily wide pulse width will hold the converter in a reset mode and the start of conversion is initiated by the low to high transition of the  $WR$  pulse (see timing diagrams).

**Note 8:** None of these A/Ds requires a zero adjust (see section 2.5.1). To obtain zero code at other analog input voltages see section 2.5 and Figure 5.

**Note 9:** The  $V_{REF/2}$  pin is the center point of a two-resistor divider connected from  $V_{CC}$  to ground. In all versions of the ADC0801, ADC0802, ADC0803, and ADC0805, and in the ADC0804LCJ, each resistor is typically 16 k $\Omega$ . In all versions of the ADC0804 except the ADC0804LCJ, each resistor is typically 2.2 k $\Omega$ .

**Note 10:** Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 k $\Omega$  resistor.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# TIP31A, TIP31B, TIP31C, (NPN), TIP32A, TIP32B, TIP32C, (PNP)



ON Semiconductor®

<http://onsemi.com>

## Complementary Silicon Plastic Power Transistors

Designed for use in general purpose amplifier and switching applications.

- Collector–Emitter Saturation Voltage –  
 $V_{CE(sat)} = 1.2 \text{ Vdc (Max) @ } I_C$   
 $= 3.0 \text{ Adc}$
- Collector–Emitter Sustaining Voltage –  
 $V_{CEO(sus)} = 60 \text{ Vdc (Min) – TIP31A, TIP32A}$   
 $= 80 \text{ Vdc (Min) – TIP31B, TIP32B}$   
 $= 100 \text{ Vdc (Min) – TIP31C, TIP32C}$
- High Current Gain – Bandwidth Product  
 $f_T = 3.0 \text{ MHz (Min) @ } I_C$   
 $= 500 \text{ mAdc}$
- Compact TO–220 AB Package

**3 AMPERE  
POWER TRANSISTORS  
COMPLEMENTARY  
SILICON  
60–80–100 VOLTS  
40 WATTS**

### MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	TIP31A TIP32A	TIP31B TIP32B	TIP31C TIP32C	Unit
Collector–Emitter Voltage	$V_{CEO}$	60	80	100	Vdc
Collector–Base Voltage	$V_{CB}$	60	80	100	Vdc
Emitter–Base Voltage	$V_{EB}$		5.0		Vdc
Collector Current	$I_C$				Adc
Continuous			3.0		
Peak			5.0		
Base Current	$I_B$		–1.0		Adc
Total Power Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above $25^\circ\text{C}$	$P_D$		40		Watts
			0.32		W/ $^\circ\text{C}$
Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above $25^\circ\text{C}$	$P_D$		2.0		Watts
			0.016		W/ $^\circ\text{C}$
Unclamped Inductive Load Energy (Note 1)	E		32		mJ
Operating and Storage Junction Temperature Range	$T_J, T_{stg}$		–65 to +150		$^\circ\text{C}$

1.  $I_C = 1.8 \text{ A}$ ,  $L = 20 \text{ mH}$ , P.R.F. = 10 Hz,  $V_{CC} = 10 \text{ V}$ ,  $R_{BE} = 100 \Omega$ .

### MARKING DIAGRAM



STYLE 1:  
PIN 1. BASE  
2. COLLECTOR  
3. EMITTER  
4. COLLECTOR



TO–220AB  
CASE 221A–09  
STYLE 1

xxx = Specific Device Code:  
31A, 31B, 31C, 32A, 32B, 32C  
A = Assembly Location  
Y = Year  
WW = Work Week

### ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 6 of this data sheet.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# TIP31A, TIP31B, TIP31C, (NPN), TIP32A, TIP32B, TIP32C, (PNP)

## THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	62.5	$^{\circ}C/W$
Thermal Resistance, Junction to Case	$R_{\theta JC}$	3.125	$^{\circ}C/W$

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS ( $T_C = 25^{\circ}C$ unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Max	Unit
----------------	--------	-----	-----	------

### OFF CHARACTERISTICS

Collector-Emitter Sustaining Voltage (Note 2) ( $I_C = 30 \text{ mAdc}$ , $I_B = 0$ )	TIP31A, TIP32A TIP31B, TIP32B TIP31C, TIP32C	$V_{CE(sus)}$	60 80 100	– – –	Vdc
Collector Cutoff Current ( $V_{CE} = 30 \text{ Vdc}$ , $I_B = 0$ ) ( $V_{CE} = 60 \text{ Vdc}$ , $I_B = 0$ )	TIP31A, TIP32A TIP31B, TIP31C TIP32B, TIP32C	$I_{CEO}$	– – –	0.3 0.3 0.3	mAdc
Collector Cutoff Current ( $V_{CE} = 60 \text{ Vdc}$ , $V_{EB} = 0$ ) ( $V_{CE} = 80 \text{ Vdc}$ , $V_{EB} = 0$ ) ( $V_{CE} = 100 \text{ Vdc}$ , $V_{EB} = 0$ )	TIP31A, TIP32A TIP31B, TIP32B TIP31C, TIP32C	$I_{CES}$	– – –	200 200 200	$\mu\text{Adc}$
Emitter Cutoff Current ( $V_{BE} = 5.0 \text{ Vdc}$ , $I_C = 0$ )		$I_{EBO}$	–	1.0	mAdc

### ON CHARACTERISTICS (Note 2)

DC Current Gain ( $I_C = 1.0 \text{ Adc}$ , $V_{CE} = 4.0 \text{ Vdc}$ ) ( $I_C = 3.0 \text{ Adc}$ , $V_{CE} = 4.0 \text{ Vdc}$ )		$h_{FE}$	25 10	– 50	–
Collector-Emitter Saturation Voltage ( $I_C = 3.0 \text{ Adc}$ , $I_B = 375 \text{ mAdc}$ )		$V_{CE(sat)}$	–	1.2	Vdc
Base-Emitter On Voltage ( $I_C = 3.0 \text{ Adc}$ , $V_{CE} = 4.0 \text{ Vdc}$ )		$V_{BE(on)}$	–	1.8	Vdc

### DYNAMIC CHARACTERISTICS

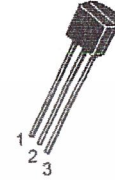
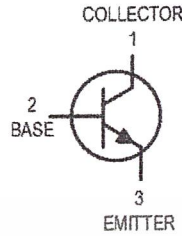
Current-Gain – Bandwidth Product ( $I_C = 500 \text{ mAdc}$ , $V_{CE} = 10 \text{ Vdc}$ , $f_{test} = 1.0 \text{ MHz}$ )		$f_T$	3.0	–	MHz
Small-Signal Current Gain ( $I_C = 0.5 \text{ Adc}$ , $V_{CE} = 10 \text{ Vdc}$ , $f = 1.0 \text{ kHz}$ )		$h_{fe}$	20	–	–

2. Pulse Test: Pulse Width  $\leq 300 \mu\text{s}$ , Duty Cycle  $\leq 2.0\%$ .

# Amplifier Transistors

## NPN Silicon

**BC182,A,B**  
**BC183**  
**BC184**



CASE 29-04, STYLE 17  
TO-92 (TO-226AA)

### MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	BC 182	BC 183	BC 184	Unit
Collector–Emitter Voltage	$V_{CEO}$	50	30	30	Vdc
Collector–Base Voltage	$V_{CBO}$	60	45	45	Vdc
Emitter–Base Voltage	$V_{EBO}$	6.0			Vdc
Collector Current — Continuous	$I_C$	100			mA <sub>dc</sub>
Total Device Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above $25^\circ\text{C}$	$P_D$	350			mW
		2.8			mW/ $^\circ\text{C}$
Total Device Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above $25^\circ\text{C}$	$P_D$	1.0			Watts
		8.0			mW/ $^\circ\text{C}$
Operating and Storage Junction Temperature Range	$T_J, T_{stg}$	–55 to +150			$^\circ\text{C}$

### THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	357	$^\circ\text{C}/\text{W}$
Thermal Resistance, Junction to Case	$R_{\theta JC}$	125	$^\circ\text{C}/\text{W}$

### ELECTRICAL CHARACTERISTICS ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
----------------	--------	-----	-----	-----	------

### OFF CHARACTERISTICS

Collector–Emitter Breakdown Voltage ( $I_C = 2.0 \text{ mA}, I_B = 0$ )	BC182 BC183 BC184	$V_{(BR)CEO}$	50 30 30	— — —	— — —	V
Collector–Base Breakdown Voltage ( $I_C = 10 \mu\text{A}, I_E = 0$ )	BC182 BC183 BC184	$V_{(BR)CBO}$	60 45 45	— — —	— — —	V
Emitter–Base Breakdown Voltage ( $I_E = 100 \mu\text{A}, I_C = 0$ )		$V_{(BR)EBO}$	6.0	—	—	V
Collector Cutoff Current ( $V_{CB} = 50 \text{ V}, V_{BE} = 0$ ) ( $V_{CB} = 30 \text{ V}, V_{BE} = 0$ )	BC182 BC183 BC184	$I_{CBO}$	— — —	0.2 0.2 0.2	15 15 15	nA
Emitter–Base Leakage Current ( $V_{EB} = 4.0 \text{ V}, I_C = 0$ )		$I_{EBO}$	—	—	15	nA



**MOTOROLA**

**BC182,A,B BC183 BC184**
**ELECTRICAL CHARACTERISTICS** ( $T_A = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted) (Continued)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit	
<b>ON CHARACTERISTICS</b>						
DC Current Gain ( $I_C = 10 \mu\text{A}$ , $V_{CE} = 5.0 \text{ V}$ )	BC182 BC183 BC184	40 40 100	— — —	— — —	—	
( $I_C = 2.0 \text{ mA}$ , $V_{CE} = 5.0 \text{ V}$ )	BC182 BC183 BC184	120 120 250	— — —	500 800 800		
( $I_C = 100 \text{ mA}$ , $V_{CE} = 5.0 \text{ V}$ )	BC182 BC183 BC184	80 80 130	— — —	— — —		
Collector–Emitter On Voltage ( $I_C = 10 \text{ mA}$ , $I_B = 0.5 \text{ mA}$ ) ( $I_C = 100 \text{ mA}$ , $I_B = 5.0 \text{ mA}$ )(1)		$V_{CE(\text{sat})}$	— —	0.07 0.2	0.25 0.6	V
Base–Emitter Saturation Voltage ( $I_C = 100 \text{ mA}$ , $I_B = 5.0 \text{ mA}$ )(1)		$V_{BE(\text{sat})}$	—	—	1.2	V
Base–Emitter On Voltage ( $I_C = 100 \mu\text{A}$ , $V_{CE} = 5.0 \text{ V}$ ) ( $I_C = 2.0 \text{ mA}$ , $V_{CE} = 5.0 \text{ V}$ ) ( $I_C = 100 \text{ mA}$ , $V_{CE} = 5.0 \text{ V}$ )(1)		$V_{BE(\text{on})}$	— 0.55 —	0.5 0.62 0.83	— 0.7 —	V
<b>DYNAMIC CHARACTERISTICS</b>						
Current–Gain — Bandwidth Product ( $I_C = 0.5 \text{ mA}$ , $V_{CE} = 3.0 \text{ V}$ , $f = 100 \text{ MHz}$ )	BC182 BC183 BC184	$f_T$	— — —	100 120 140	— — —	MHz
( $I_C = 10 \text{ mA}$ , $V_{CE} = 5.0 \text{ V}$ , $f = 100 \text{ MHz}$ )	BC182 BC183 BC184		150 150 150	200 240 280	— — —	
Common Base Output Capacitance ( $V_{CB} = 10 \text{ V}$ , $I_C = 0$ , $f = 1.0 \text{ MHz}$ )		$C_{ob}$	—	—	5.0	pF
Common Base Input Capacitance ( $V_{EB} = 0.5 \text{ V}$ , $I_C = 0$ , $f = 1.0 \text{ MHz}$ )		$C_{ib}$	—	8.0	—	pF
Small–Signal Current Gain ( $I_C = 2.0 \text{ mA}$ , $V_{CE} = 5.0 \text{ V}$ , $f = 1.0 \text{ kHz}$ )	BC182 BC183 BC184 BC182A BC182B	$h_{fe}$	125 125 240 125 240	— — — — —	500 900 900 260 500	—
Noise Figure ( $I_C = 0.2 \text{ mA}$ , $V_{CE} = 5.0 \text{ V}$ , $R_S = 2.0 \text{ k}\Omega$ , $f = 1.0 \text{ kHz}$ ) ( $I_C = 0.2 \text{ mA}$ , $V_{CE} = 5.0 \text{ V}$ , $R_S = 2.0 \text{ k}\Omega$ , $f = 1.0 \text{ kHz}$ , $f = 200 \text{ Hz}$ )	BC184 BC182 BC183 BC184	NF	— — — —	2.0 2.0 2.0 2.0	4.0 10 10 4.0	dB

 1. Pulse Test:  $T_p$  300 s, Duty Cycle 2.0%.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้