



ELECTRIC WHEELS CHAIR

โดย

นายธีรยุทธ พงษ์ศิริ

จ.อ. พงศ์ศักดิ์ วงศ์รักษ์

นายวิเชียร ถิ่นชาญ

วัน เดือน ปี..... 24.ค.ค. 2541
เลขทะเบียน..... 039173
เลขเรียกหนังสือ..... 1 4044 น 6117

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ใดๆ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

039173

รายงานเรื่อง

รถเข็นไฟฟ้า

ELECTIC WHEELS CHAIR

จัดทำโดย

นายธีรยุทธ พงษ์ศิริ

นายพงศ์ศักดิ์ วงศ์รักษ์

นายวิเชียร ถิ่นชาญ

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. สุชาติ อุณหวิเทพ



รายงานฉบับนี้ได้ผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

ลงชื่อ
(ผศ. สุชาติ อุณหวิเทพ) อาจารย์ที่ปรึกษา

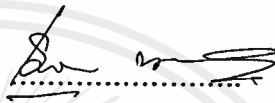
วันที่ 24 / 4 / 41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาบัตรฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ผศ.สุชาติ คุณทวีเทพ อาจารย์ที่ปรึกษาซึ่งได้ให้คำแนะนำและคำปรึกษามาตลอด ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ของผู้จัดทำที่คอยให้กำลังใจและทุนทรัพย์ในการจัดทำ

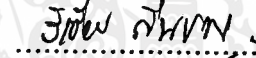
สุดท้ายนี้ขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านและเพื่อนทุกคนที่มีส่วนในการให้คำปรึกษา ทำให้ปริญญาบัตรฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ จึงขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้



(นาย สิริยุทธ์ พงศ์ศิริ)



(นาย พงษ์ศักดิ์ วงศ์รักษ์)



(นาย วิเชียร ถิ่นชาญ)

ผู้จัดทำ

รถเข็นไฟฟ้า

นาย ชีรยุทธ์ พงศ์ศิริ

นาย พงษ์ศักดิ์ วงศ์รักษ์

นาย วิเชียร ถิ่นชาญ

ผศ.สุชาติ คุณทวีเทพ (อาจารย์ที่ปรึกษา)

บทคัดย่อ

โครงการชิ้นนี้เป็นโครงการที่เกี่ยวกับการนำรถเข็นคนไข้ ซึ่งเคลื่อนที่โดยการให้แรงคนในการเข็น มาประยุกต์ใช้ร่วมกับอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อให้เคลื่อนที่ได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งในการเคลื่อนที่สามารถควบคุมได้ด้วยการโยก จอยสติคค์ ซึ่งทำหน้าที่เป็นคันบังคับ โดยระบบขับเคลื่อนของตัวรถเข็นจะใช้ DC MOTOR เป็นตัวขับ ซึ่งได้รับสัญญาณการควบคุมมาจาก JOY STICK

ELECTRIC WHEELS CHAIR

MR.TERAYUT PONGSIRI

MR.PONGSUK VONGRUK

MR.VICHIEIN THINCHAN

Assist Professor. SUCHART KHUNTAWEETEP

Abstract

This thesis is about "THE ELECTRIC WHEELS CHAIR" using the electronics device to control. By using JOYSTICK to control the car to turn left , right and return. The car is drive by DC – MOTOR and can be control the speed by JOY STICK.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
บทคัดย่อ	II
Abstract	III
สารบัญ	IV
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 โครงสร้างและการทำงาน	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการเบื้องต้น	3
2.1 JOY STICK	3
2.1.1 โครงสร้างภายนอกของ JOY STICK	3
2.1.2 วงจรภายในและการทำงานของ JOY STICK	4
2.2 IC TIMER 555	5
2.2.1 ลักษณะภายใน IC 555	5
2.2.2 หลักการทำงานของ IC 555 ในหน้าที่ต่างกัน	6
2.3 OP AMP	10
2.3.1 วงจรขยายไม่กลับเฟส	11
2.3.2 วงจรขยายกลับเฟส	11
2.3.3 ตัวเปรียบเทียบ	12
2.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	13
2.5 แบตเตอรี่	14
2.5.1 หลักการและโครงสร้างแบตเตอรี่	14
บทที่ 3 การออกแบบวงจร	17
3.1 การออกแบบวงจรกำหนดทิศทาง	17
3.1.1 วงจรเดินหน้า-ถอยหลัง	17
3.1.2 วงจรเลี้ยวซ้าย-เลี้ยวขวา	18
3.1.3 การออกแบบวงจรป้องกันการหมุนกลับทิศทางของมอเตอร์	21
3.2 การออกแบบวงจรควบคุมความเร็ว	22

สารบัญ (ต่อ)

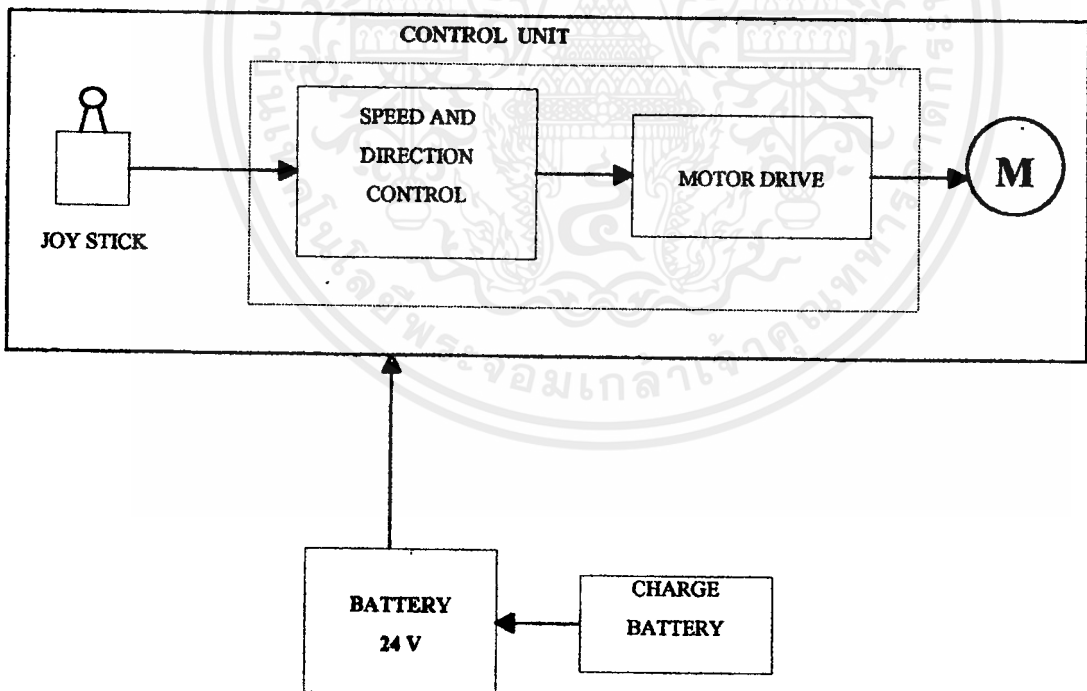
	หน้า
3.3 การออกแบบวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์	23
3.3.1 การควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์	23
3.3.2 การป้องกันแรงดันไฟที่เกิดจากมอเตอร์ขณะเดิน	25
3.4 หลักการทำงานของวงจร	26
3.4.1 การทำงานของวงจรภาค SPEED AND DIRECTION CONTROL	26
3.4.2 การทำงานของวงจรภาค MOTOR DRIVE	31
บทที่ 4 การสร้างและการประกอบชิ้นส่วนตัวรถ	32
บทที่ 5 การทดลองและผลการทดลอง	37
บทที่ 6 สรุปและวิจารณ์	43
ภาคผนวก	45
เอกสารอ้างอิง	48

บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันมีการนำเอาวงจรถอนิกส์มาประยุกต์ใช้งานในด้านต่าง ๆ มากมาย เพื่ออำนวยความสะดวกและประหยัดเวลามากขึ้น รวมทั้งค่าใช้จ่ายในการคิดค้นก็ไม่สูงมากนัก ซึ่งในโครงการนี้ก็จะได้กล่าวถึงการนำเอาอิเล็คทรอนิกส์มาประยุกต์ใช้กับรถเข็นคนไข้ ซึ่งปกติใช้แรงคนไข้หรือผู้ดูแลมาเป็นตัวกระทำให้รถเข็นเคลื่อนที่ แต่ในโครงการนี้การเคลื่อนที่ของรถเข็นจะสามารถควบคุมได้จากตัวคนไข้เอง เพียงแค่ออกแรงเพียงเล็กน้อยในการควบคุมคันบังคับของรถเข็นไปในทิศทางที่ต้องการจะเคลื่อนที่ ก็สามารถทำให้รถเข็นเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่ต้องการ ได้อย่างง่ายดาย ซึ่งเมื่อดูจากราคาค่าต้นทุนของรถต้นแบบแล้วจะเห็นว่ามียาราคาที่ค่อนข้างต่ำทั้งประสิทธิภาพในการอำนวยความสะดวกให้แก่คนไข้ในการที่จะต้องการเคลื่อนที่ที่ก็พิพอสสมควร

1.1 โครงสร้างและการทำงาน



รูปที่ 1.1 แสดง BLOCK DIAGRAM ของรถเข็นไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- JOY STICK ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมทิศทางเมื่อผู้ใช้โยก JOY STICK ไปทางทิศหน้า ตัวรถก็จะเคลื่อนที่ไปทางหน้า เมื่อโยกถอยหลังตัวรถก็จะเคลื่อนที่ถอยหลัง เมื่อโยกไปทางซ้ายตัวรถก็จะเคลื่อนที่ไปทางซ้าย และเมื่อโยกไปทางขวาตัวรถก็จะเคลื่อนที่ไปทางขวา ซึ่ง O/P ที่ได้จาก JOY-STICK จะเป็นค่าแรงดันซึ่งจะป้อนให้กับส่วนของ CONTROL UNIT
- วงจรควบคุมความเร็วและทิศทาง, วงจรควบคุมความเร็วในขณะที่ตัวรถเริ่มเคลื่อนที่จะมีความเร็วช้าและเมื่อเคลื่อนที่ได้แล้วความเร็วจะช้าหรือเร็วก็จะขึ้นกับการโยกจอยสติคค์ (JOY STICK) ว่าโยกไปมากหรือน้อย โยกไปหน้ามากความเร็วไปหน้าก็มาก ถ้าโยกน้อยความเร็วก็น้อยเป็นต้น
- การควบคุมทิศทางในการเลี้ยวซ้ายหรือเลี้ยวขวาเราก็จะสามารถกระทำได้โดยการโยกจอยสติคค์ไปทางซ้ายหรือขวาเท่านั้นเอง ตัวรถก็จะเลี้ยวซ้ายหรือขวาตามการโยกจอยสติคค์โดยทันที
- วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ (MOTOR DRIVE) จะออกแบบเพื่อให้สามารถไปขับเคลื่อนมอเตอร์ DC. ซึ่งในขณะที่เริ่มเคลื่อนที่จะมีแรงเสียดทานมาก จะมีการออกแบบให้มีความสามารถที่จะขับให้มอเตอร์ทำงานได้ในสภาวะเริ่มเคลื่อนที่ได้ดี
- มอเตอร์ ประกอบด้วยมอเตอร์ 2 ตัว ซึ่งทำหน้าที่ในการขับเคลื่อนล้อและบังคับทิศทางในการเลี้ยวซ้ายและเลี้ยวขวาของตัวรถ
- แหล่งจ่ายไฟ จะใช้แบตเตอรี่ขนาด 12 V. 2 ตัวอนุกรมกันเพื่อเป็นแหล่งจ่ายให้กับวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ 24 V. และเป็นไฟเลี้ยงวงจร 12 V.
- วงจรตรวจสอบสถานะแบตเตอรี่และวงจรชาร์จแบตเตอรี่ วงจรจะทำการตรวจสอบระดับของแรงดันไฟว่ามีสภาวะพอเหมาะต่อการทำงานของตัวรถหรือไม่ ถ้ามีค่าต่ำกว่าระดับที่กำหนดก็จะแสดงสัญญาณเตือนเพื่อทำการชาร์จแบตเตอรี่ก่อนใช้งาน

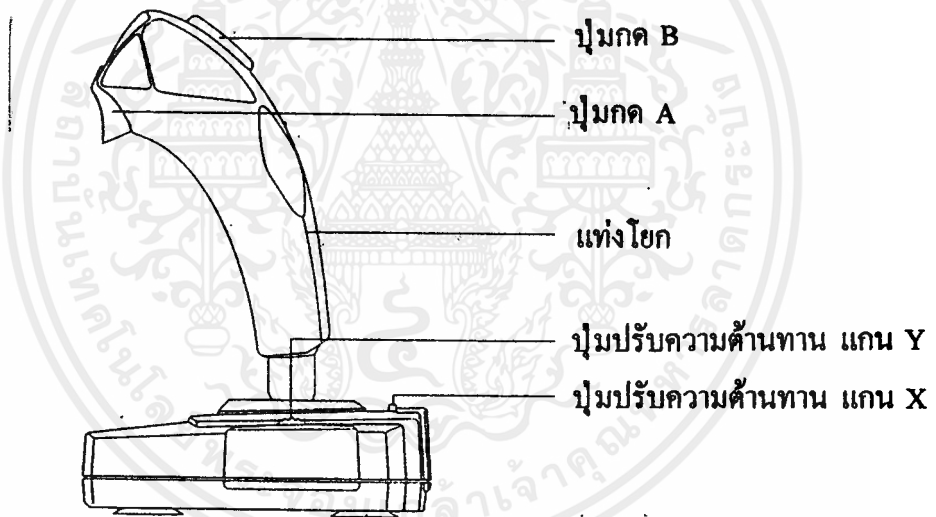
บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการเบื้องต้น

ทฤษฎีและหลักการเบื้องต้นที่ควรจะรู้ก่อนที่จะศึกษาในรายละเอียดของโครงงานรถเข็นไฟฟ้า นั้น มีอยู่หลายอย่างด้วยกัน พอที่จะแยกเป็นหัวข้อ ได้ดังนี้

2.1 จอยสติคค์ (JOY STICK)

โดยทั่วไปเราจะคุ้นเคยกับการใช้จอยสติคค์เป็นส่วนประกอบของเครื่องเล่นเกมส์ชนิดต่าง ๆ แต่เมื่อพิจารณาถึงลักษณะการทำงานแล้วยังมีอุปกรณ์หรือเครื่องมืออีกหลายอย่างที่ใช้งานในลักษณะเช่นนี้ เช่น คันโยกบังคับเครื่องบิน, คันโยกบังคับรถแทรกเตอร์ เป็นต้น ทำให้เราสนใจที่จะนำจอยสติคค์มาประยุกต์ใช้งาน โดยนำจอยสติคค์ที่มีขายอยู่ในท้องตลาดมาศึกษา



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของจอยสติคค์

2.1.1 โครงสร้างจอยสติคค์

โครงสร้างภายนอกของจอยสติคค์จะประกอบด้วย

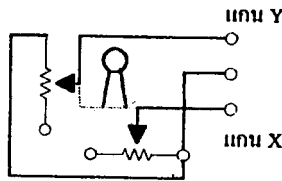
- ปุ่มกด A
- ปุ่มกด B
- แท่งโยก
- ปุ่มเคลื่อนปรับความต้านทานในแนวแกน Y

เอกสารนี้ปุ่มเคลื่อนปรับความต้านทานในแนวแกน X รับผิดชอบเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

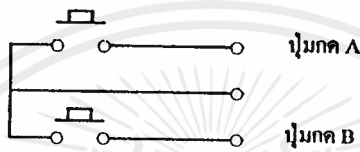
2.1.2 วงจรภายในและการทำงานของจอยสติ๊ก

ในการใช้งานจอยสติ๊กจะต้องศึกษาถึงวงจรภายในของจอยสติ๊กที่ทำหน้าที่เปลี่ยนการโยกซึ่งเป็นงานทางกลให้เป็นค่าทางไฟฟ้าโดยแสดงวงจรภายใน ดังรูป

ความต้านทานแกน Y



ความต้านทานแกน X



รูปที่ 2.2 วงจรภายในจอยสติ๊ก

เมื่อ โยกจอยสติ๊กไปในทิศทางต่างๆ จะทำให้เกิดการเปลี่ยนค่าความต้านทานในแนวแกน Y และในแนวแกน X โดยค่าความต้านทานในแนวแกน Y จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อ โยกจอยสติ๊กไปข้างสหน้าหรือกลับหลังและค่าความต้านทานในแนวแกน X จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อ โยกจอยสติ๊กไปทางขวาหรือไปทางซ้าย จุดกึ่งกลางเป็นจุดที่ค่าความต้านทานของแกน Y และแกน X อยู่กึ่งกลาง การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานจะแสดงไว้ในตาราง 2.1

ทิศทาง	ค่าความต้านทาน แกน Y	ค่าความต้านทาน แกน X
ตั้งตรง	44 K Ω	44 K Ω
ไปหน้า	ลดลง 44 K Ω \rightarrow 4 Ω	44 K Ω
ถอยหลัง	เพิ่มขึ้น 44 K Ω \rightarrow 95 K Ω	44 K Ω
ซ้าย	44 K Ω	ลดลง 44 K Ω \rightarrow 4 Ω
ขวา	44 K Ω	เพิ่มขึ้น 44 K Ω \rightarrow 95 K Ω

ตารางที่ 2.1 การเปลี่ยนค่าความต้านทาน

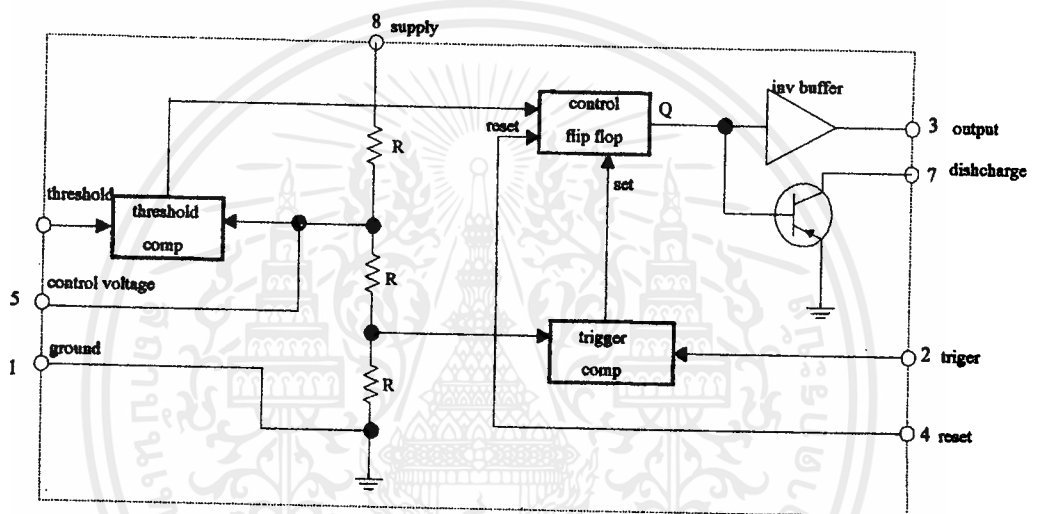
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ไอซี ไทม์เมอร์ 555

ไอซี เบอร์ 555 เป็นไทม์เมอร์ไอซีชนิด โมโนลิทิก (Monolithic Integrated Circuit) ซึ่งภายในเป็นวงจรไทม์มิ่ง

2.2.1 ลักษณะภายในของ IC 555

ภายในไทม์เมอร์ไอซีเบอร์นี้ประกอบด้วยทรานซิสเตอร์มากกว่า 20 ตัว ตัวต้านทานประมาณ 15 ตัว ไดโอด 2 ตัว ทั้งนี้อาจเปลี่ยนแปลงได้แล้วแต่บริษัทผู้ผลิต



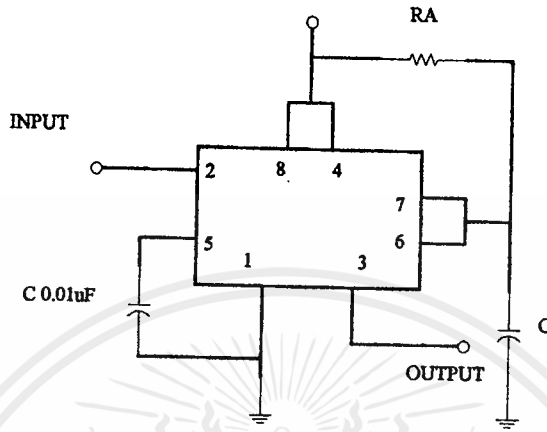
รูปที่ 2.3 แสดงแผนผังส่วนต่าง ๆ ภายใน IC 555

จากรูปแผนผัง IC 555 จะประกอบด้วยส่วนต่างๆดังนี้ส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุม

(Function of Control) ส่วนทริกเกอร์ (Triggering) ส่วนตรวจจับระดับหรือส่วนเปรียบเทียบสัญญาณ (Levelsensing or Comparision) ส่วนคายประจุ (Discharge) และส่วนกำลังที่เอาต์พุท (Power Output)

2.2.2 หลักการทำงานของ IC 555 ในหน้าที่ต่างๆกัน

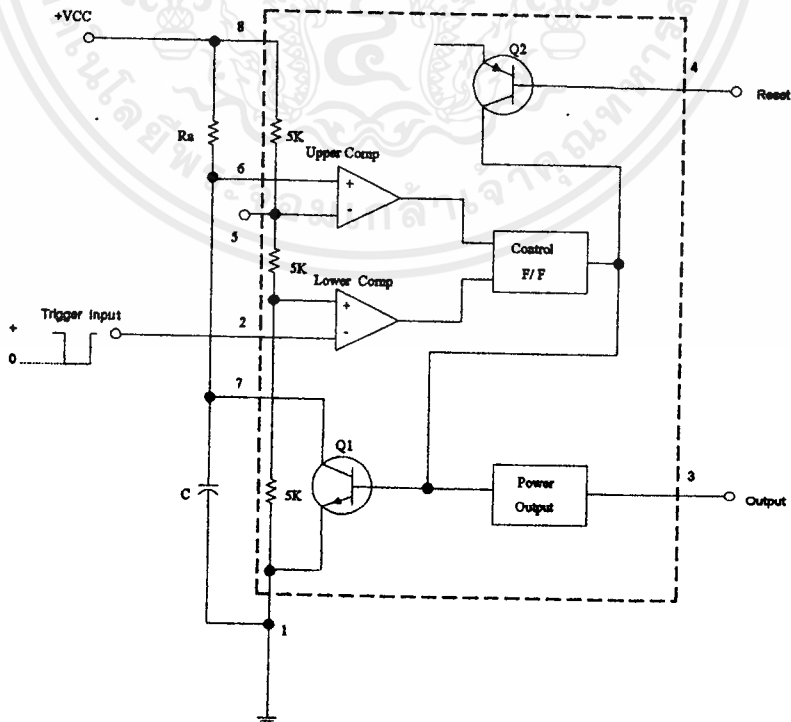
- วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ (Monostable multivibrator)



รูปที่ 2.4 แสดงวงจร โมโนสเตเบิล

การทำงานของวงจร

อาจจะพิจารณาได้ง่ายๆ โดยใช้รูปที่ 2.5 ซึ่งเป็นแผนผังภายใน IC 555 และอยู่ในสภาวะพร้อมที่จะทำงาน



รูปที่ 2.5 แสดงส่วนต่างๆภายใน IC 555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของ Control flip – flop จะทำให้ทรานซิสเตอร์ Q1 อยู่ในสถานะ ON ดังนั้นตัวเก็บประจุ C ที่ต่ออยู่ภายนอกจะถูกดีชาร์จไว้ด้วยทรานซิสเตอร์ Q1 นี้ และที่ขา 3 ซึ่งเป็นเอาต์พุตของวงจรจะมีศักย์เท่ากับจุดกราวด์ ตัวต้านทาน 3 ตัวภายใน IC ซึ่งมีค่า 5K จะทำหน้าที่เป็นตัวแบ่งแรงดัน (Voltage Divider) โดยแบ่งแรงดัน VCC ออกเป็น $2/3 V_{CC}$ และ $1/3 V_{CC}$ ตามลำดับ แรงดันทั้งสองนี้จะมีส่วนในการกำหนดช่วงเวลาของพัลส์ที่เอาต์พุต

ดังนั้นที่ขั้วบวกด้านอินพุตของ Lower comparator จะได้รับแรงดันเท่ากับ $1/3 V_{CC}$ เมื่อที่ขา 2 ของไอซีซึ่งเป็นขั้วลบด้านอินพุตของ Lower comparator นี้ได้รับสัญญาณทริกเกอร์ ซึ่งเป็นพัลส์แบบลบ (Negative pulse) เข้ามาและมีขนาดสูงกว่าค่า $1/3 V_{CC}$ แล้ว lower comparator จะทำให้ส่วน control flip – flop มีสถานะที่เอาต์พุตเปลี่ยนไปเป็นตรงกันข้าม ดังนั้นจึงมีผลให้ทรานซิสเตอร์ Q1 เปลี่ยนเป็นสภาพ cut off ตัวเก็บประจุ C ซึ่งบางทีเรียกว่า timing capacitor จึงถูกเปิดวงจรออก, ที่ขา 3 ซึ่งเป็นเอาต์พุตของวงจรจึงมีศักย์ระดับสูง (high level) และอาจประมาณว่าเท่ากับ VCC ในขณะที่ทรานซิสเตอร์ Q1 อยู่ในสถานะคัทออฟ ตัวเก็บประจุ C จะเริ่มสะสมประจุทำให้มีแรงดันตกคร่อมขึ้นอย่างเอกโปเนนเชียล และมุ่งไปสู่ค่า VCC โดยใช้เวลาเท่ากับเวลาคงที่ของ $R_a \cdot C$ และในช่วงเวลาหนึ่งซึ่งแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ C นี้มีค่าเท่ากับ $2/3 V_{CC}$ จะทำให้ส่วนของวงจร flip – flop เปลี่ยนสถานะ ผลที่ติดตามมาก็คือทรานซิสเตอร์ Q1 จะกลับสู่สถานะ ON อีกครั้งหนึ่ง ตัวเก็บประจุ C ก็จะคายประจุออกโดยผ่าน Q1 ทำให้แรงดันตกคร่อมลดลงอย่างรวดเร็วสู่ค่าแรงดันที่จุดกราวด์ ดังนั้นที่ขา 3 ซึ่งเป็นเอาต์พุตของวงจรก็จะมีศักย์ระดับต่ำอีกครั้งหนึ่ง (low level) ซึ่งประมาณได้ว่ามีค่าเท่ากับศักย์ที่จุดกราวด์

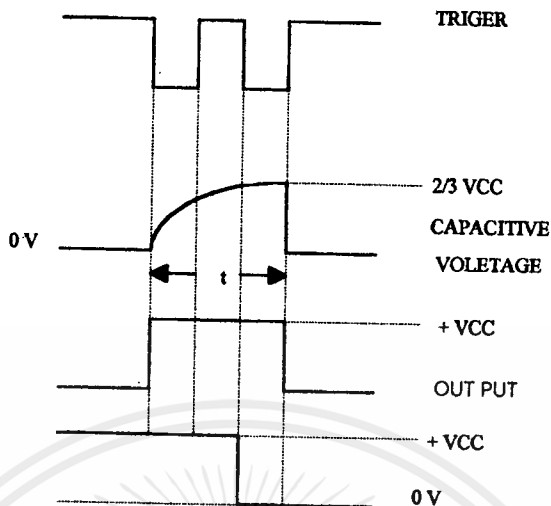
การทำงานของวงจรนี้จะทำให้ได้พัลส์รูปสี่เหลี่ยม (Rectangular Wave Form) ออกมาที่เอาต์พุตของไอซีในแต่ละครั้งที่มีการทริกเกอร์ด้วยสัญญาณพัลส์จากภายนอก และสัญญาณทริกเกอร์แต่ละสัญญาณต้องมีช่วงเวลาห่างกันไม่น้อยกว่า ขนาดความกว้างของพัลส์ที่เอาต์พุต การเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่ตำแหน่งต่าง ๆ ขณะที่เวลาเปลี่ยนไปแสดงได้ดังรูปที่ 2.6

สมการการเก็บประจุของตัว C เป็นดังนี้คือ

$$V_c = V_{CC} (1 - e^{-t/R_a \cdot C})$$

ช่วงเวลาที่ใช้สำหรับการเก็บประจุของตัว C เพื่อให้มีแรงดันตกคร่อมเป็น $2/3 V_{CC}$ สามารถหาได้จาก

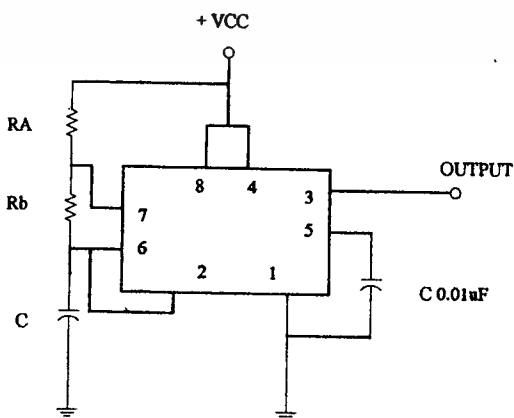
$$t = 1.1 R_a \cdot C$$



รูปที่ 2.6 แสดงการเปรียบเทียบแรงดันที่จุดต่าง ๆ ในวงจร

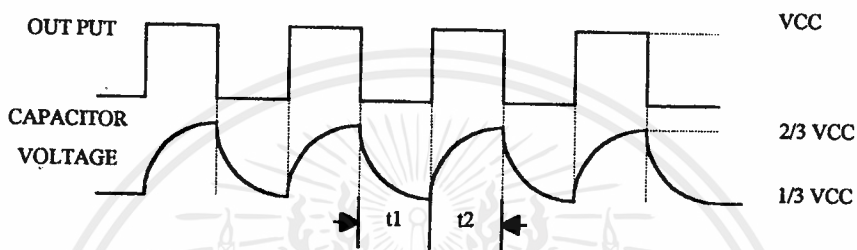
ในกรณีที่สัญญาณทริกเกอร์พัลส์แบบลบถูกป้อนเข้าที่ขา 2 (trigger input) และขา 4 (reset terminal) ในขณะที่เดียวกันขณะที่วงจรกำลังทำงาน จะทำให้ตัวเก็บประจุ C ซึ่งเป็น timing capacitor คายประจุอย่างรวดเร็วแรงดันตกคร่อมจะลดลงอย่างทันทีทันใด วงจรจะคืนสู่สภาวะซึ่งพร้อมที่จะทำงานใหม่อีกครั้งหนึ่ง ดังนั้นขา 4 ซึ่งเป็น reset terminal จึงทำหน้าที่คล้ายกับตัวยับยั้งการทำงานของวงจร เมื่อขา 4 นี้มีแรงดันสูงกว่า 1 โวลต์ วงจรจะทำงานได้อย่างอิสระ แต่เมื่อใดก็ตามที่ขา 4 มีแรงดันต่ำกว่า 0.4 โวลต์ วงจรจะถูกควบคุม และมีผลให้เอาต์พุตมีศักย์ต่ำในทันที ภายหลังจากสัญญาณทริกเกอร์แรกถูกป้อนเข้ามาที่ขา 4 ที่เอาต์พุตของวงจรก็จะมีศักย์ระดับต่ำอยู่ต่อไปจนกว่า สัญญาณทริกเกอร์ใหม่จะถูกป้อนเข้ามาอีก

- วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ (Astable multivibrator)



รูปที่ 2.6 วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์

วงจระตเปิดมัลติไวเบรเตอร์หรือวงจร Square-Wave Clock ตัวต้านทาน R_a และ R_b ทำหน้าที่เป็น Timing resistor เมื่อวงจรได้รับแรงดันไบอัส จากแหล่งจ่ายกำลังตัวเก็บประจุ C ซึ่งทำหน้าที่เป็น Timing Capacitor จะสะสมประจุผ่านตัวต้านทาน R_a และ R_b จนกระทั่งเมื่อแรงดันตกคร่อมมีค่าเป็น $2/3 V_{cc}$. ทำให้วงจร Upper Comparator กระตุ้นวงจรฟลิปฟล็อปซึ่งอยู่ภายในไอซี และมีผลให้ตัวเก็บประจุ C เริ่มคายประจุผ่านตัวต้านทานแรงดันที่ตกคร่อม C ก็จะลดลงเหลือ $1/3 V_{cc}$. แล้ววงจร lower comparator ใน ไอซีก็จะถูกกระตุ้น และเริ่มการทำงานของวงจรใหม่อีกครั้ง



รูปที่ 2.8 แสดงการเปรียบเทียบแรงดันที่เอาต์พุตกับแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ C

ตัวเก็บประจุ C จะทำการประจุและคายประจุสลับกัน ไปอย่างสม่ำเสมอทำให้แรงดันตกคร่อมตัว C ที่มีค่าระหว่าง $2/3 V_{cc}$ และ $1/3 V_{cc}$ ตามลำดับ ศักย์ค่าที่เอาต์พุตของวงจรจะมีค่าสูงในขณะที่ตัว C ทำการเก็บประจุซึ่งถ้าให้ t_1 คือช่วงเวลาที่เอาต์พุตมีศักย์ค่าสูงดังนั้น

$$t_1 = (R_a + R_b) C \log_e (V_{cc} - 2/3 V_{cc} / V_{cc} - 1/3 V_{cc})$$

$$\text{หรือ } t_1 = 0.693 (R_a + R_b) C \text{ วินาที}$$

และศักย์ค่าที่เอาต์พุตจะมีค่าต่ำในขณะที่ตัว C ทำการคายประจุซึ่งถ้าให้ t_2 ช่วงเวลาที่เอาต์พุตมีศักย์ค่าต่ำ

$$\text{ดังนั้น } t_2 = 0.693 R_b C \text{ วินาที}$$

ช่วงเวลารวมสำหรับการสะสมและการคายประจุก็คือ

$$T = t_1 + t_2 \\ = 0.693 (R_a + 2R_b) C \text{ วินาที}$$

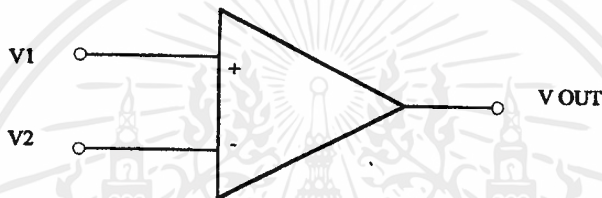
ซึ่งค่า T ก็คือ ช่วงเวลาความกว้างของพัลส์หนึ่งลูกคลื่น ดังนั้นความถี่ของพัลส์ที่เอาต์พุตก็คือ

$$f = 1/T = (1.443 / (R_a + 2R_b))$$

แต่ค่าของ $(R_a + 2R_b)$ และ C จะให้ความถี่ของพัลส์ที่เอาต์พุตค่าต่าง ๆ กัน

2.3 OP AMP

ออปแอมป์ เป็น IC เจิงเส้นชนิดหนึ่งซึ่งเป็นวงจรรขยายไฟตรง อัตราขยายสูงในช่วงความถี่ 0 ถึงมากกว่า 1 MHz เพียงต่อตัวต้านทานต่าง ๆ แก่ออปแอมป์ ก็สามารถปรับอัตราขยายแรงดัน และแบนด์วิดท์ตามที่ต้องการได้ สัญลักษณ์ของออปแอมป์มี 2 อินพุต 1 เอาท์พุท อินพุตด้านบนเรียกว่า อินพุตไม่กลับเฟส (Non-Inverting Input) มีเครื่องหมายบวกกำกับอยู่ อินพุตด้านล่างเรียกว่า อินพุตกลับเฟส (Inverting Input) มีเครื่องหมายลบกำกับอยู่ V_{out} จะกลับเฟส กับ V_2 180 องศา



รูปที่ 2.9 แสดงสัญลักษณ์ของ ออปแอมป์

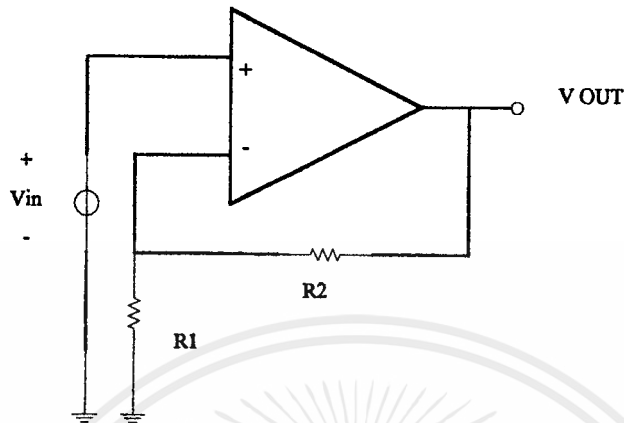
แรงดันเอาท์พุท V_{out} เท่ากับอัตราขยายแรงดัน (Gain) คูณกับผลต่างของแรงดันของอินพุท

ทั้ง 2

คุณสมบัติที่สำคัญของออปแอมป์

1. มีผลตอบสนองความถี่ในย่านสัญญาณไฟตรง ถึงความถี่สูง ๆ
2. อินพุทอิมพีแดนซ์สูง , เอาท์พุทอิมพีแดนซ์ต่ำ , อัตราขยายแรงดันสูง
3. การใช้ออปแอมป์ต้องมีการต่ออุปกรณ์ภายนอกเพิ่มเติมเสมอก่อนจะใช้งาน

2.3.1 วงจรขยายไม่กลับเฟส (NON - INVERTING AMP)



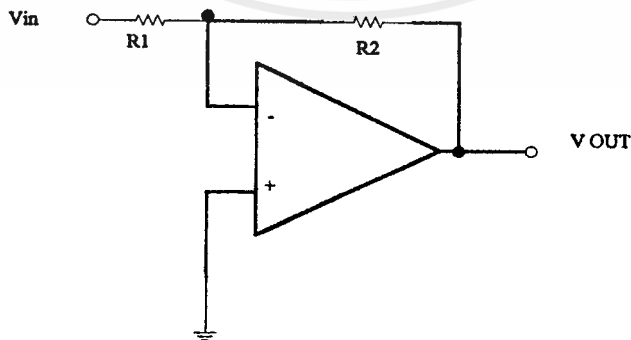
รูปที่ 2.10 แสดงวงจรขยายไม่กลับเฟส

สัญญาณอินพุตจะป้อนเข้าที่อินพุตบวกของออปแอมป์ ออปแอมป์มีอัตราขยายภายใน A_{ol} จะมีตัวต้านทานภายนอก R_1 และ R_2 เพื่อเป็นตัวแบ่งแรงดันให้ป้อนกลับ เนื่องจากแรงดันที่ป้อนกลับนี้เข้าออปแอมป์อินพุตลบ อัตราขยายแรงดัน รูป-ปิด

$$A_{cl} = (R_1 + R_2) / R_1$$

$$\cong (R_2) / R_1 + 1$$

2.3.2 วงจรขยายกลับเฟส (INVERTING AMP)



รูปที่ 2.11 แสดงวงจรขยายกลับเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณอินพุตผ่าน R1 เข้าที่ อินพุตลบ ออปแอมป์มี AOL เป็นอัตราขยายรูป - เปิด คั้ง นั้นสัญญาณที่เอาท์พุทจะมีขนาดใหญ่กว่าแรงดันเออเรอร์ และเพราะว่ามีการกลับเฟสสัญญาณเอาท์ พุทจะมีเฟสต่างจากสัญญาณอินพุท 180 องศา นั่นคือ สัญญาณที่ป้อนกลับจะตรงกันข้ามกับ สัญญาณอินพุท จึงเป็นการป้อนกลับแบบลบ อินพุทกลับเฟสเป็นกราวนด์เสมือนแรงดันที่จุดนี้มี ค่าใกล้ศูนย์ กระแสที่สามารถไหลผ่านจุดนั้นมีน้อยมาก ๆ

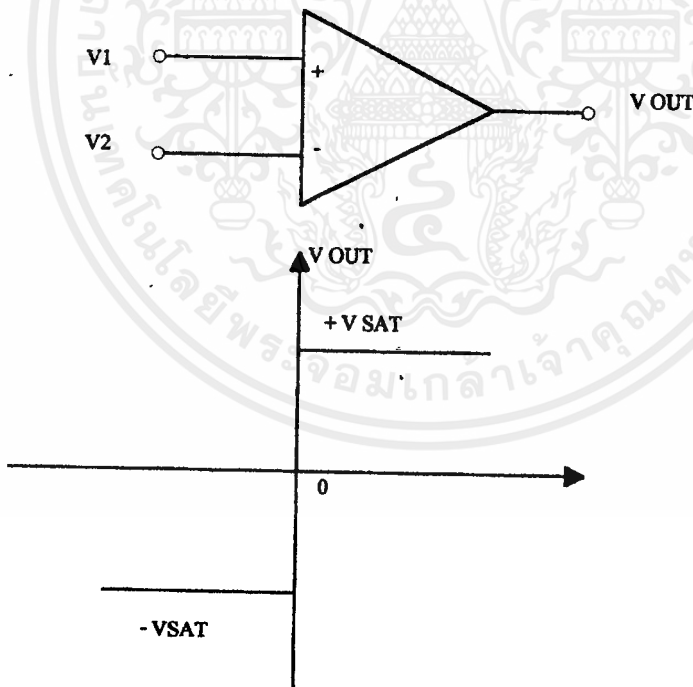
อัตราขยายของวงจร

$$A_{cl} = R2 / R1$$

เหตุผลหนึ่งที่ทำให้วงจรขยายกลับเฟสเป็นที่นิยมคือ มีค่าอินพุทอิมพีแดนซ์และอัตราขยายแรงดันที่ ถูกต้องการและคงที่เสมอ แม้อุณหภูมิหรือปัจจัยอื่น ๆ เปลี่ยนแปลง

2.3.3 ตัวเปรียบเทียบ (Comparator)

วิธีที่ง่ายที่สุดในการใช้ออปแอมป์คือ การใช้เป็นรูป - เปิด



รูปที่ 2.12 แสดงวงจร Comparator และผลตอบสนอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากออปแอมป์มีอัตราขยายที่สูงมาก แรงดันเอเรอร์เพียงเล็กน้อย ก็สามารถทำให้เกิดเอาต์พุตขนาดใหญ่ได้ เมื่อ V_1 มากกว่า V_2 แรงดัน ERROR จะเป็นบวก แรงดัน O/P จะมีค่าสูงสุดด้านบวก และถ้า V_1 น้อยกว่า V_2 แรงดัน ERROR จะเป็นลบ แรงดัน O/P จะเป็นค่าสูงสุดด้านลบ

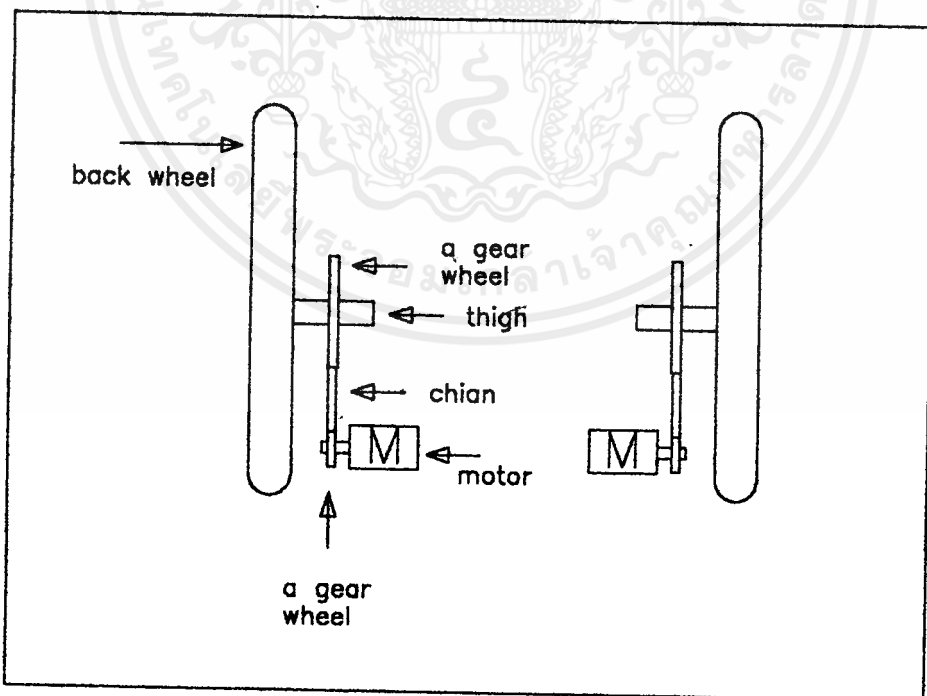
+ V_{sat} คือ ค่าแรงดัน O/P สูงสุดด้านบวก

- V_{sat} คือ ค่าแรงดัน O/P สูงสุดด้านลบ

วงจรในลักษณะนี้เรียกว่าตัวเปรียบเทียบ คือ เปรียบเทียบระหว่าง V_1 และ V_2 เพื่อที่จะได้แรงดัน เอาต์พุตบวก เมื่อ V_1 มากกว่า V_2 และได้ แรงดันเอาต์พุตลบ เมื่อ V_1 น้อยกว่า V_2

2.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ขับเคลื่อนจัดได้ว่าเป็นส่วนที่ขาดส่วนหนึ่งของรถเข็นเนื่องจากว่าเราจะต้องพิจารณาเรื่องของแรงบิด น้ำหนักของมอเตอร์ซึ่งอาจทำให้น้ำหนักของตัวรถเพิ่มขึ้นไปอีก การออกแบบโดยทั่วไปจะใช้มอเตอร์ 2 ตัวเพื่อที่จะขับล้อ 2 ข้างแล้วอาศัยการหมุนล้อไปหน้าหรือถอยหลังและสามารถเลี้ยวซ้ายหรือขวาโดยการลดความเร็วหรือหยุดมอเตอร์ตัวหนึ่ง ก็จะทำให้รถเข็นเลี้ยวได้ เราสามารถที่จะยึดมอเตอร์เข้ากับตัวรถเข็นด้านข้าง เพื่อทำหน้าที่เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนล้อ ซึ่งลักษณะการติดตั้งมอเตอร์แสดงดังรูป

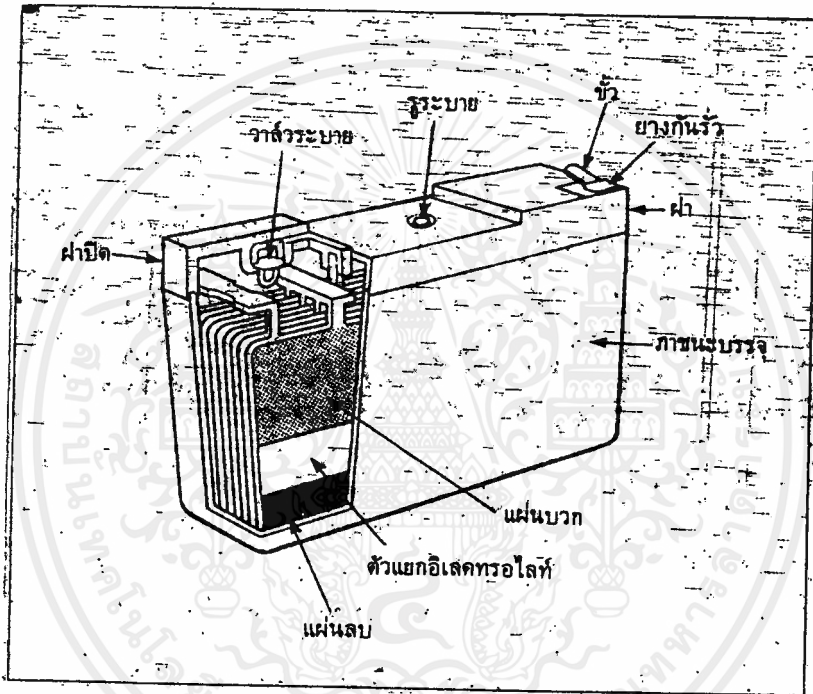


รูปที่ 2.13 แสดงการติดตั้งมอเตอร์

2.5 แบตเตอรี่

เป็นส่วนจำเป็นอีกส่วนหนึ่งของรถเข็น โดยในโครงการนี้ได้ใช้แหล่งจ่ายแรงดันจาก Battery ชนิด Sealed Lead Acid Calcium Battery 2 ก้อน ซึ่งจ่ายแรงดัน 12-13.8 V. ต่ออนุกรมกันได้แรงดันประมาณ 24 V. ส่วนที่สำคัญของแบตเตอรี่คือ การจ่ายแรงดันให้แก่วงจรได้อย่างต่อเนื่องซึ่งระยะเวลาการ Discharge ของแบตเตอรี่สามารถแสดงได้ดังรูปแสดงคุณสมบัติของแบตเตอรี่ (ดูภาคผนวก)

2.5.1 หลักการและโครงสร้างแบตเตอรี่



รูปที่ 2.14 แสดงลักษณะ โครงสร้างของแบตเตอรี่

จากลักษณะ โครงสร้างจะเห็นว่า มันประกอบด้วยแผ่นคาโอดและแผ่นแอนโอดวางสลับกันจุ่มอยู่ในอิเล็กโทรไลต์ที่ทำจากสารละลายกรดกำมะถัน แผ่นเพลทจะวางสลับกันเพื่อจะได้มีพื้นที่ผิวสัมผัสกับอิเล็กโทรไลต์ได้มาก ในขณะที่รักษาปริมาตรให้น้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ การที่มีพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างแผ่นอิเล็กโทรดและอิเล็กโทรไลต์มากเท่าไร ปฏิกริยาเคมีก็จะเกิดขึ้นมากเท่านั้น นอกจากนี้ค่าความต้านทานภายในเซลล์จะยังมีค่าน้อยลงด้วย ดังนั้นในการค้นคว้าจึงมุ่งทางด้านเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัส วิธีที่นิยมใช้กันก็คือใช้แผ่นเพลทบาง ๆ คั่นด้วยฉนวนแบบมีรูพรุน

อิเล็กโทรดที่เป็นแอนโอดจะสร้างขึ้นมาจากตะกั่วบริสุทธิ์ ในขณะที่คาโอดจะสร้างจากส่วนผสมของตะกั่วและตะกั่วเปอร์ออกไซด์ ในขณะที่เซลล์คายประจุให้กระแสไฟฟ้าออกมา นั้นอะตอมของตะกั่วจากแผ่นแอนโอดจะแตกตัวเป็นไอออนที่มีประจุบวกเข้าไปอยู่ในอิเล็กโทรไลต์และทิ้งอิเล็กตรอนให้ไหลเข้าสู่วงจรที่นำมาต่อภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่คาโอด ตะกั่วเปอร์ออกไซด์จะแตกตัวเป็นไอออนของตะกั่วซึ่งมีประจุบวกสูง และเป็นไอออนที่มีประจุลบสูง ไอออนของตะกั่วที่มีประจุบวกสูงจะดึงเอาอิเล็กตรอนจากวงจรที่ต่ออยู่ภายนอกเพื่อรวมตัวกลายเป็นไอออนตะกั่วที่มีประจุบวก ซึ่งเป็นชนิดเดียวกับที่อาโนดทำให้เกิดกระแสไหลจากคาโอดผ่านไปยังวงจรภายนอก

ไอออนของตะกั่วจากแผ่นอิเล็กโทรดทั้งสองจะทำปฏิกิริยากับกรดกำมะถันซึ่งเป็นอิเล็กโทรไลต์ กลายเป็นตะกั่วซัลเฟต (lead sulphate) (ซึ่งจะเห็นเป็นตะกอนสีขาวเกาะอยู่ที่อิเล็กโทรดทั้งสอง) และก๊าซไฮโดรเจน (ซึ่งจะรวมกับไอออนของออกซิเจนจากคาโอดกลายเป็นน้ำ) เราสามารถจะเขียนสูตรสำหรับปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นได้ดังนี้



สูตรทางเคมีแสดงให้เห็นว่าสารละลายอิเล็กโทรไลต์ จะเจือจางลงโดยโมเลกุลของน้ำที่เกิดขึ้นซึ่งเป็นขณะเดียวกับที่เซลล์คายประจุ ทำให้เราสามารถใช้เป็นวิธีการหาสถานะการประจุและคายประจุของเซลล์ได้ โดยการวัดความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) ของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งจะบอกเราเซลล์ใกล้จะถึงสถานะคายประจุหมดหรือยัง เพื่อจะได้ประจุไฟกลับเข้าไปใหม่ โดยค่าความถ่วงจำเพาะของเซลล์ที่ประจุมาเต็มที่ จะค่าประมาณ 1.25 และค่าความถ่วงจำเพาะของเซลล์ที่คายประจุหมดจะมีค่าระบุไว้ประมาณ 1.2 เราใช้ไฮโดรมิเตอร์ในการวัด แรงดันของเซลล์โดยปกติจะมีค่าเท่ากับ 2 โวลต์

ประจุกลับเข้าไปใหม่

การประจุเซลล์แบบตะกั่ว-กรดนั้นสามารถทำได้ง่าย ๆ โดยการป้อนกระแสกลับทางเข้าไปในแบตเตอรี่เพื่อบังคับให้ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น เกิดจากทางขั้วมือ ไปทางขั้วมือ ซึ่งจะเปลี่ยนตะกั่วซัลเฟตให้กลับเป็นตะกั่วและกรดกำมะถันตามเดิม วิธีการที่ง่ายที่สุดในการป้อนกระแสกลับทางก็โดยการต่อขั้วคาโอด (ขั้วบวก) และขั้วอาโนด (ขั้วลบ) เข้ากับขั้วบวกและขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟภายนอก แรงดันของแหล่งจ่ายไฟภายนอกนี้จะอยู่ในช่วง 1.1 ถึง 1.25 เท่าของแรงดันของเซลล์โดยปกติ ดังนั้นเซลล์แบบนี้เซลล์เดียวซึ่งมีแรงดันปกติ 2 โวลต์ สามารถที่จะประจุเข้าไปด้วยแรงดันระหว่าง 2.2 โวลต์ ถึง 2.5 โวลต์ ตัวอย่างที่เห็นได้ง่าย ๆ ก็คือแบตเตอรี่รถยนต์ (ซึ่งแรงดันปกติเท่ากับ 12 โวลต์เนื่องจากประกอบด้วยเซลล์ 6 เซลล์อนุกรมกัน) จะถูกประจุโดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือไดนาโมและผ่านชุดรักษาระดับแรงดันให้เป็นไฟตรงที่ค่าแรงดันคงที่ที่ 14 โวลต์

เป็นที่เห็นได้ชัดว่า กระแสที่ป้อนเข้าไปเมื่อประจุไฟใหม่นั้นขึ้นอยู่กับแรงดันที่ป้อนเข้าไป นอกจากนั้นยังขึ้นอยู่กับแรงดันที่ป้อนเข้าไป นอกจากนั้นยังขึ้นอยู่กับสถานะของเซลล์ว่าคายประจุหมดเต็มที่หรือไม่ ถ้าแรงดันที่ป้อนเข้าประจุไฟมีค่าสูงและคายเซลล์ประจุหมดเต็มที่แล้ว จะทำ

ให้กระแสที่ไหลเข้าประจุเซลล์จะมีค่ามากตามไปด้วย หรือถ้าเซลล์ถูกใช้แบบเป็นวงรอบ (cyclic) คือจากสถานะประจุเต็มไปสู่สถานะหมดประจุเต็มที่แล้วจึงค่อยประจุใหม่อีกครั้ง จะใช้กระแสในการประจุมากตามไปด้วย แต่ถ้าเซลล์ถูกใช้งานพร้อมกับประจุไฟเข้าตลอดเวลาเช่นในแบตเตอรี่รถยนต์แล้ว กระแสที่ใช้ในการประจุก็น่าจะมีค่าต่ำ ซึ่งก็เป็นเหตุผลที่ว่าทำไมแบตเตอรี่รถยนต์ขนาด 12 โวลต์ จึงใช้แรงดันในการประจุเพียง 14 โวลต์ ซึ่งประมาณ 1.17 เท่าของแรงดันปกติของแบตเตอรี่



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

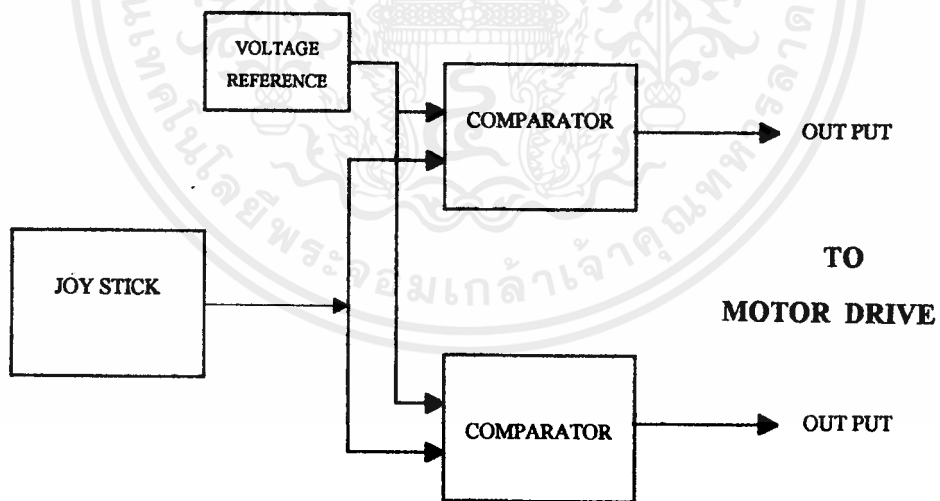
การออกแบบวงจร

ก่อนที่เราจะได้วงจรใช้งานจริง ตามคุณสมบัติที่เราต้องการนั้น จำเป็นจะต้องมีการออกแบบ BLOCK DIAGRAM ซึ่งมีคุณสมบัติการทำงานเหมือนวงจรใช้งานจริงเสียก่อน ซึ่งวิธีการออกแบบแต่ ละวงจรจะเป็นดังนี้

3.1 การออกแบบวงจรกำหนดทิศทาง

ในการควบคุมให้ตัวรถเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่ต้องการนั้นจะต้องมีวงจรที่ทำหน้าที่เป็นตัวกำหนดให้มอเตอร์ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวขับเคลื่อนล้อ ให้หมุนไปในทิศทางที่ต้องการ คือ เดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา

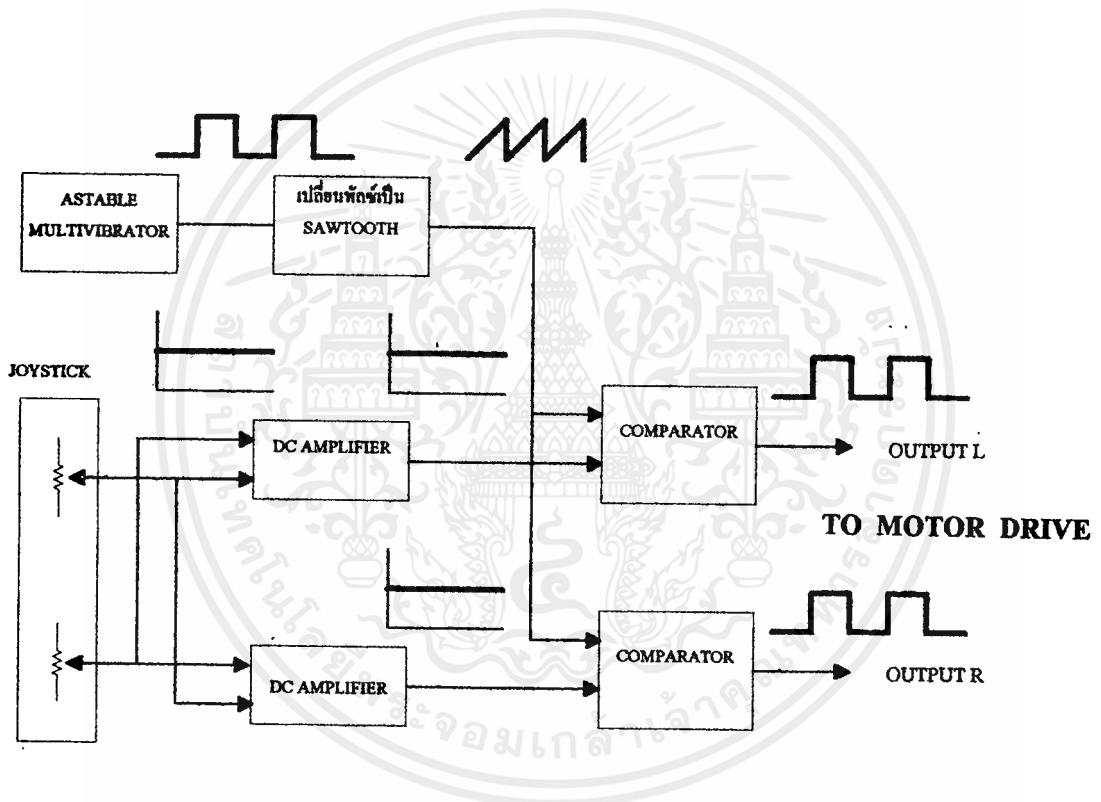
3.1.1 วงจรเดินหน้า - ถอยหลัง



รูปที่ 3.1 แสดง BLOCK DIAGRAM ของการเดินหน้า-ถอยหลัง

เมื่อทำการ โยค JOY STICK จะได้แรงดัน DC ออกมาค่าหนึ่ง โดยจะนำเอาค่า DC เอาท์พุทที่ได้นี้มาทำการเปรียบเทียบกับแรงดันอ้างอิง (ซึ่งเราสามารถที่จะปรับขนาดแรงดันได้ตามความต้องการ) ที่วงจรเปรียบเทียบแรงดัน (COMPARATOR) ซึ่งO/P ที่ได้ออกมาจะมีลักษณะเป็นระดับแรงดัน LOGIC “0” กับ “1” เพื่อนำไปควบคุมให้มอเตอร์หมุนไปหน้าหรือหมุนกลับทิศทาง

3.1.2 วงจรเดี่ยวซ้าย-เดี่ยวขวา

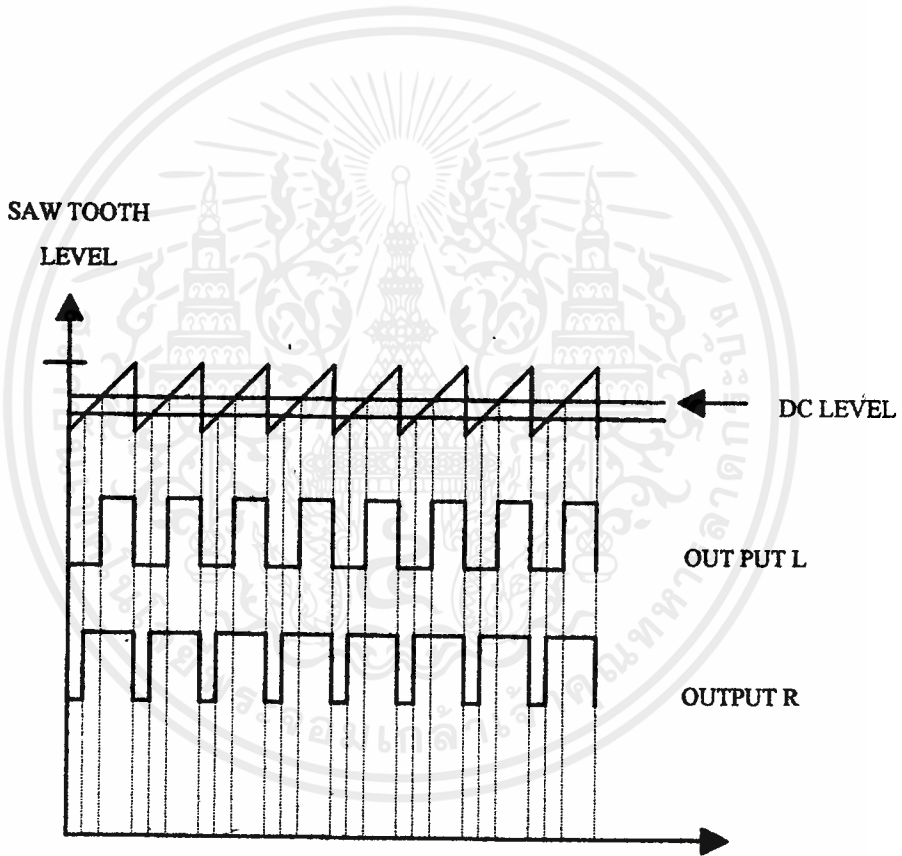


รูปที่ 3.2 แสดงวงจร BLOCK DIAGRAM ของวงจรเดี่ยวซ้าย-เดี่ยวขวา



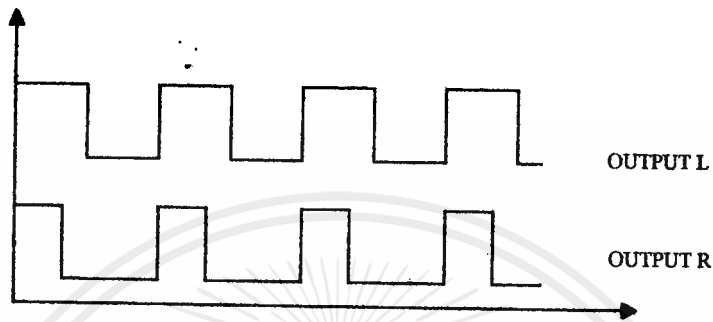
จาก BLOCK DIAGRAM ส่วนที่ทำหน้าที่กำเนิดพัลส์สี่เหลี่ยมจะทำหน้าที่กำเนิดพัลส์รูปคลื่นสี่เหลี่ยม ซึ่งมีค่าระดับแรงดันและความถี่ตามที่เรากำหนด จากนั้นจะส่ง O/P ที่ได้ให้กับส่วนที่ทำหน้าที่เปลี่ยนรูปพัลส์สี่เหลี่ยมให้เป็นสัญญาณฟันเลื่อย (SAWTOOTH)

ด้าน JOY STICK เมื่อเราทำการโยกเพื่อควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวรถเข็นก็จะได้แรงดัน DC ออกมาแล้วนำมาทำการขยาย O/P ที่ได้จะนำมาเป็น I/P ของวงจรเปรียบเทียบแรงดันโดยจะเปรียบเทียบกับระดับแรงดันของสัญญาณ SAW TOOTH ซึ่งจะได้แรงดัน O/P ออกมาเป็นรูปพัลส์สี่เหลี่ยม ซึ่งจะมีค่า T on และ T off ไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับระดับสัญญาณ DC ที่ป้อนเข้ามา โดยเปรียบเทียบให้เห็นดังรูป

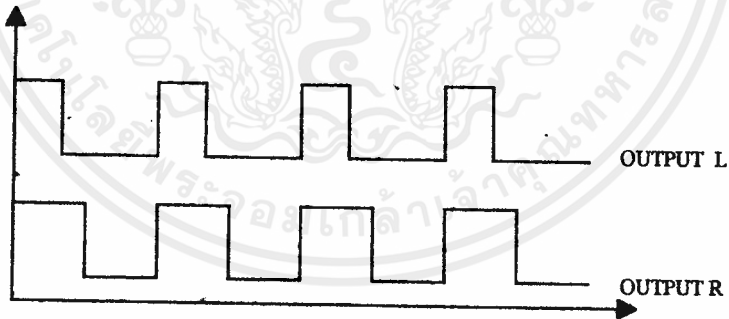


รูปที่ 3.3 แสดงความแตกต่างของ O/P ที่เกิดจากระดับ DC ไม่เท่ากัน

ในขณะที่ทำการเลี้ยวซ้าย หรือ เลี้ยวขวา O/P L และ O/P R จะมีรูปคลื่นแตกต่างกันดังรูป



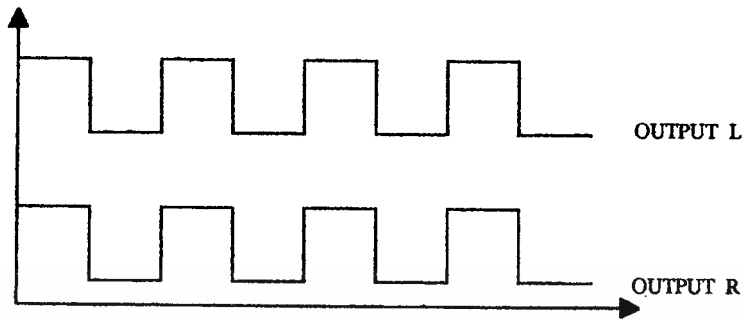
รูปที่ 3.4 รูปคลื่นขณะเลี้ยวซ้าย



รูปที่ 3.5 รูปคลื่นขณะเลี้ยวขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

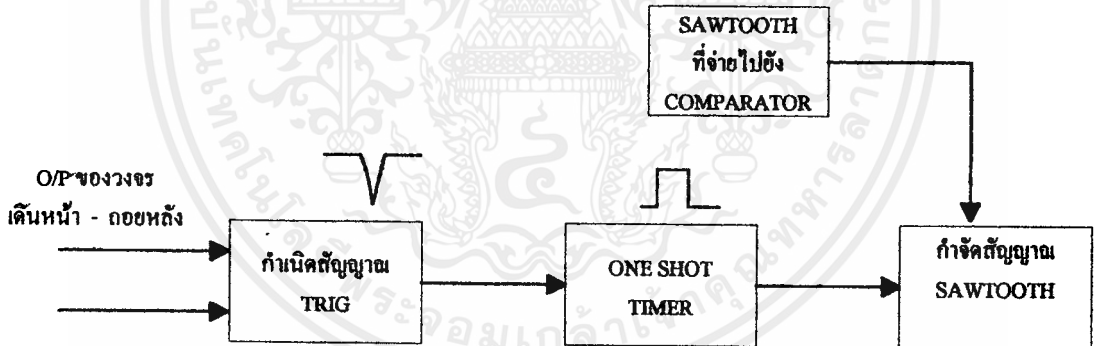
และในขณะที่เดินหน้าหรือถอยหลัง O/P L และ O/P R จะมีค่าเท่ากัน



รูปที่ 3.6 รูปคลื่นขณะเดินหน้า-ถอยหลัง

3.1.3 การออกแบบวงจรป้องกันการกลับทิศทางแบบรวดเร็วของมอเตอร์เนื่องมาจากการโยก JOY-STICK

ซึ่งรายละเอียดของการออกแบบวงจรสามารถแสดงได้ดังรูป

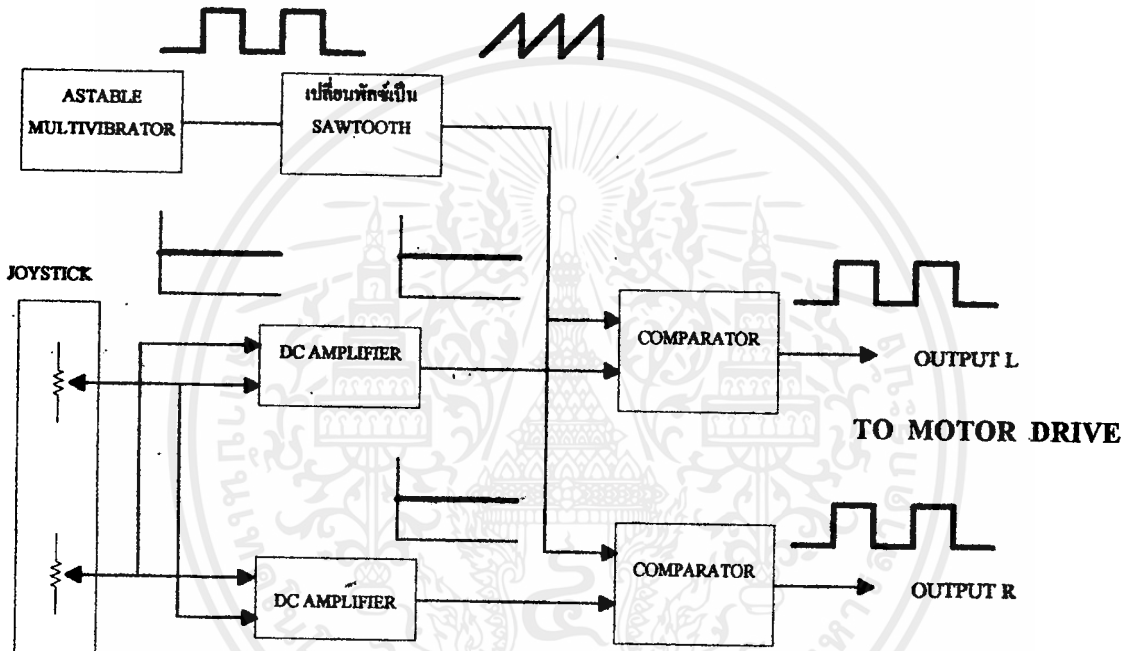


รูปที่ 3.7 แสดงวงจรป้องกันการ โยก JOY STICK กลับทิศทางแบบรวดเร็ว

อินพุทของวงจรกำเนิดสัญญาณ TRIG จะได้มาจาก O/P ของวงจรกำหนดทิศทางเดินหน้า-ถอยหลัง วงจรกำเนิดสัญญาณ TRIG จะผลิตสัญญาณ TRIG เพื่อป้อนให้กับวงจรกำเนิดสัญญาณหน่วง ซึ่งในขณะที่โยก JOY STICK กลับทิศทางแบบทันทีทันใด วงจรนี้จะทำงานโดยทำให้ไม่มีออกไปยังวงจร MOTOR DRIVE เท่ากับช่วงเวลาที่หน่วง จึงทำให้ไม่เกิดอันตรายถึงแม้จะ โยก JOY STICK กลับทางแบบทันทีทันใด

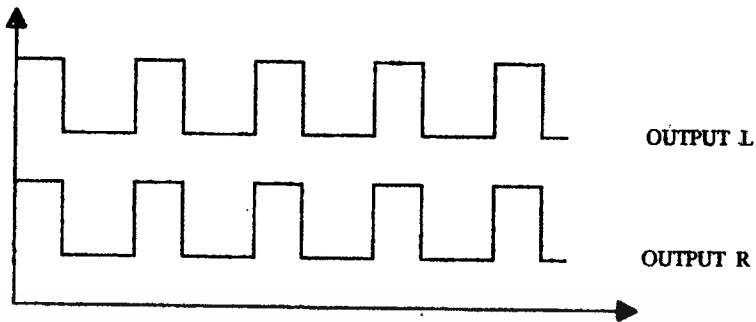
3.2 การออกแบบวงจรควบคุมความเร็ว

ในการควบคุมความเร็วเราสามารถกำหนดได้โดยการ โยก JOY STICK ถ้าจะให้เดินหน้าก็จะทำการ โยก JOY STICK ไปหน้าให้มาก ถ้าให้ถอยหลังกลับอย่างรวดเร็วเราก็จะ โยก JOY STICK ไปหลังให้มาก ซึ่งการควบคุมความเร็วก็คือเราควบคุมโดยการ โยก JOY STICK ไปมากน้อยเท่าไรนั่นเอง รูปแสดง BLOCK DIAGRAM

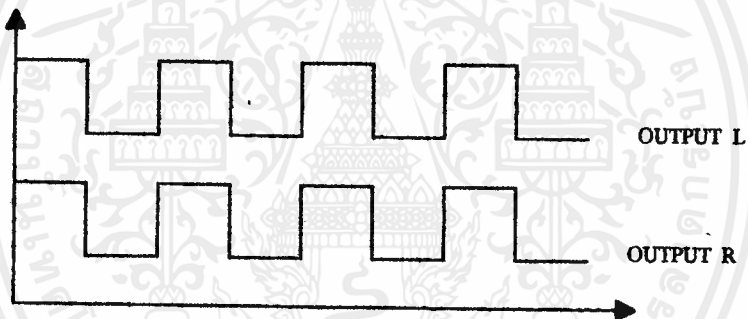


รูปที่ 3.8 แสดง BLOCK DIAGRAM ของส่วนควบคุมความเร็ว

จากรูป BLOCK DIAGRAM จะเห็นว่าวงจรควบคุมความเร็วจะเป็นวงจรเดียวกับวงจรกำหนดทิศทางนั่นเอง ซึ่งในขณะที่เลี้ยวซ้ายและเลี้ยวขวา OUTPUT L และ OUTPUT R จะมีค่า T_{on} และ T_{off} ไม่เท่ากันส่วนในขณะเดินหน้าและถอยหลัง OUTPUT L และ OUTPUT R ค่า T_{on} และ T_{off} ของ O/P มีค่าเท่ากัน ซึ่งการควบคุมความเร็วสามารถกระทำได้โดยการควบคุมช่วง T_{on} ของพัลส์ให้มีค่ามากหรือน้อย ถ้าช่วง T_{on} มีค่ามาก ความเร็วจะมาก ค่า T_{on} น้อยความเร็วจะน้อย ซึ่งในการเคลื่อนที่ของตัวรถในขณะเริ่มต้นจะมีความเร็วต่ำและเมื่อเริ่มเคลื่อนที่ไปแล้วความเร็วสามารถกำหนดได้โดยการ โยก JOY-STICK



รูปที่ 3.9 รูปคลื่น O/P L, R ขณะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ



รูปที่ 3.10 รูปคลื่น O/P L, R ขณะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง

3.3 การออกแบบวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ (MOTOR DRIVE)

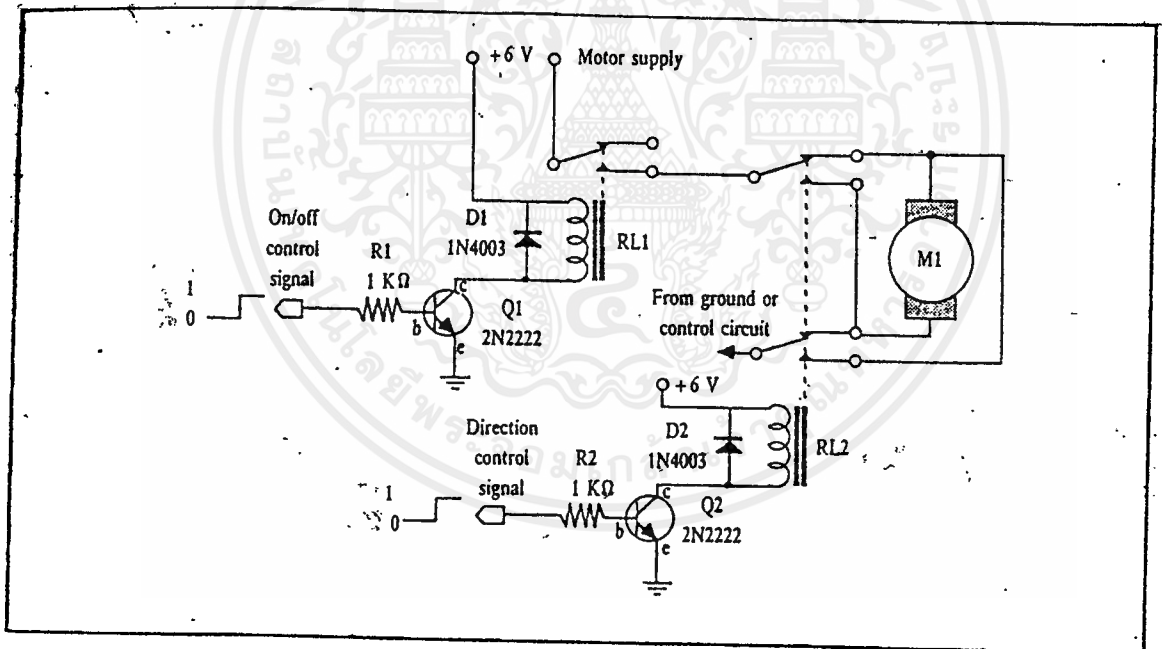
3.3.1 การควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์

เรามีวิธีการที่จะบังคับทิศทางการหมุนของตัวมอเตอร์ให้หมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาหรือตามเข็มนาฬิกาได้หลายวิธีเช่น การใช้สวิตช์แบบดับเบิลโพล - ดับเบิลโธรว (double - pole, double - throw: DPDT) ซึ่งเราสามารถที่จะควบคุมให้มอเตอร์หมุนหรือหยุดหมุนหรือกลับทิศทางของตัวมอเตอร์ได้

สำหรับวิธีการอื่น ๆ ก็เช่นการอาศัยรีเลย์เป็นสวิทช์เปิด - ปิด ไฟที่จะป้อนให้กับตัวมอเตอร์ หรือการใช้งานทรานซิสเตอร์ในลักษณะสวิทช์ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- การใช้รีเลย์ควบคุมมอเตอร์

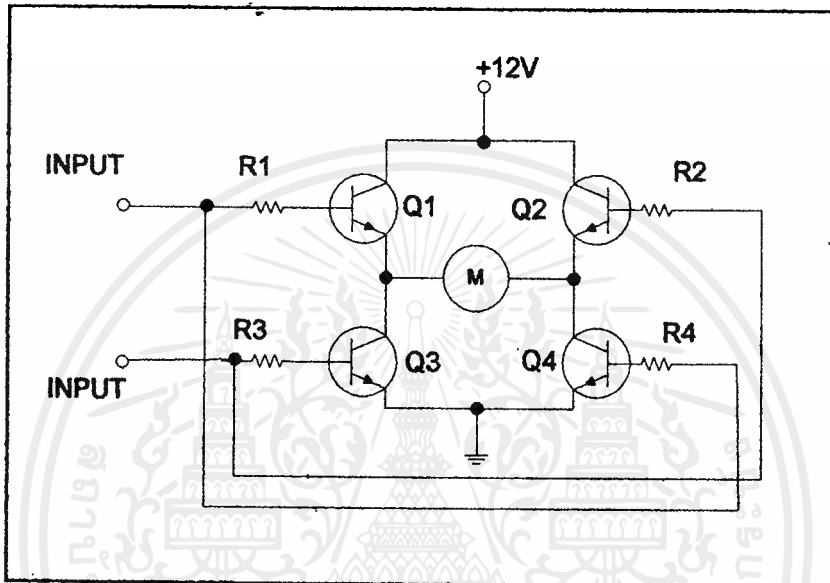
รูปที่ 3.11 เป็นวงจรควบคุมมอเตอร์ที่ใช้รีเลย์เป็นสวิทช์ โคธรีเลย์ RL1 เป็นรีเลย์แบบที่เรียกว่า ซิงเกิ้ล โพล - ดับเบิล โทรว (single - pole double - throw : SPDT) คือมีขั้วเดียวใช้เป็นรีเลย์ สำหรับควบคุมการ เปิด - ปิด ของตัวมอเตอร์โดยการป้อนสัญญาณควบคุมที่ขาเบสของ ทรานซิสเตอร์ Q1 ที่ทำงานเป็นสวิทช์ ส่วน RL2 เป็นรีเลย์แบบ ดับเบิล โพล - ดับเบิล โทรว ที่มีสองขั้วทำให้สามารถกลับทิศทางหมุนของกระแสที่ป้อนให้กับตัวมอเตอร์ได้ สำหรับสัญญาณที่ ป้อนให้กับขาเบสของทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัวนั้นสามารถที่จะใช้เอาต์พุตจากวงจรดิจิตอล ได้โดยตรง และยังสามารแยกไฟเลี้ยงของวงจรอิเล็กทรอนิกส์และไฟเลี้ยงที่ป้อนให้ตัวมอเตอร์ออกจากกัน ได้อีกด้วย



รูปที่ 3.11แสดงวงจรควบคุมมอเตอร์ที่ใช้รีเลย์

- การใช้ทรานซิสเตอร์ในการควบคุมมอเตอร์

การใช้ทรานซิสเตอร์ในการควบคุมมอเตอร์นั้นเป็นการนำทรานซิสเตอร์มาใช้งานในลักษณะของสวิทช์ ถ้าเราต้องการใช้ทรานซิสเตอร์แค่สองตัวในการควบคุมเราจะต้องต่อทรานซิสเตอร์ในลักษณะคอมพลิเมนทารี (complementary) และต้องใช้ไฟเลี้ยงทั้งซิกบวกและซิกลบซึ่งไม่สะดวกในการใช้งานดังนั้นเราจึงต้องวงจรในลักษณะดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 แสดงการต่อทรานซิสเตอร์ 4 ตัวเพื่อควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์

จากรูปที่ 3.12 ในขณะใดขณะหนึ่งเราจะให้ทรานซิสเตอร์เพียงสองตัวเท่านั้นที่นำกระแสคือ Q1 กับ Q4 หรือ Q2 กับ Q3 (คือการควบคุมเดินหน้าหรือถอยหลัง จะต้องไม่เป็น "1" ในเวลาเดียวกัน) ซึ่งการที่เราให้ทรานซิสเตอร์นำกระแสเป็นคู่นี้จะทำให้สามารถบังคับทิศทางกระแสที่ป้อนให้กับตัวมอเตอร์ได้ ซึ่งก็คือการบังคับทิศทางการหมุนของตัวมอเตอร์นั่นเอง

3.3.2 การป้องกันแรงดันไฟที่เกิดจากมอเตอร์ขณะเข็นรถ

ในขณะที่เราไม่ได้จ่ายแรงดันไฟให้แก่วงจรรถเข็นไฟฟ้าและในขณะนั้นเราได้ทำการเข็นรถเข็น มอเตอร์ก็จะทำตัวเหมือนกับ GENERATOR คือผลิตกระแสไฟออกมาซึ่งจะมากจะน้อยขึ้นอยู่กับความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถเข็นซึ่งกระแสไฟที่ผลิตออกมาก็จะทำให้เกิดความเสียหายแก่วงจรได้ การป้องกันเบื้องต้นคือ ป้องกันโดยทรานซิสเตอร์ในวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ คือ จะใช้ JUNCTION CE เป็นตัวป้องกันเนื่องจาก JUNCTION CE สามารถทนแรงดันย้อนกลับได้ ประมาณ 100 V. ซึ่งเป็นการป้องกันที่ไม่ค่อยแน่นอนนัก

3.4 หลักการทำงานของวงจร

3.4.1 การทำงานของวงจรถ้าก SPEED AND DIRECTION CONTROL

(วงจรรูปที่ 3.13)

R1 เป็นตัวจำกัดกระแสที่ไหลผ่าน IC1 LM7812 ซึ่งทำหน้าที่ Regulated ไฟ DC 24 V เป็น DC 12 V โดย C1 จะเป็นตัวฟิเตอร์ แรงดันเอาต์พุตที่ได้ซึ่งจะเป็นไฟเลี้ยงวงจร

การผลิตพัลส์และสัญญาณพื้นฐาน

IC 2 LM 555 จะต่อวงจรอยู่ในลักษณะ Astable Multivibrator กำเนิดสัญญาณ Square Wave Clock ซึ่งมีความถี่ขนาด 20 kHz โดยมี R2 , R3 และ C2 เป็นตัวกำหนดค่าความถี่ที่ขา 3 ของ Ic2 ซึ่งเป็นขาเอาต์พุตมี C3 ต่ออยู่ทำให้เอาต์พุตที่ผ่าน C3 ออกมามีลักษณะเป็นรูปคลื่นยอดแหลมซึ่งซิกบวกละลบ ซึ่งระดับแรงดันของ O/P ตรงจุดนี้จะมีค่าเป็น 2 เท่าของเอาต์พุตที่ขา 3 ของ Ic2 เป็นตัวจำกัดระดับสัญญาณเอาต์พุตและจะไปเป็นอินพุตของ Q1 ซึ่งต่อวงจรอยู่ในลักษณะ Common Emitter จึงทำให้เอาต์พุตที่ได้ถูกกลับเฟส 180 องศา ทำให้ได้เอาต์พุตที่มียอดแหลมทางด้านซิกบวกละลบ Q2 ถูกต่ออยู่ในลักษณะ Constant Current โดยมี C4 เป็นตัว charge ประจุ เมื่อมีระดับแรงดันเอาต์พุตถูกส่งออกมาจากขา Collector ของ Q1 จะทำให้ Q3 ON ในสภาวะนี้เสมือน C4 ถูก Short ลงกราวด์ เพราะฉะนั้นจึงทำให้ C4 Discharge ประจุจน Q3 off จึงหยุด discharge จะเป็นเช่นนี้สลับกันไปเรื่อย ๆ จึงทำให้ได้เอาต์พุตที่ออกมาจากส่วนนี้เป็นสัญญาณตามเหลี่ยมความถี่ 20 KHz

เลี้ยงจ่าย – เลี้ยวขวาและควบคุมความเร็ว

IC 3 LM 7805 ทำหน้าที่ Regulated ไฟ DC 5 V VRA และ VRB คือ JOY STICK เมื่อทำการโยก JOY STICK จะทำให้ค่าของ VRA และ VRB มีค่าเปลี่ยนแปลงไปจาก VRA จะแสดงการเปลี่ยนแปลงแรงดันจากการ โยก JOY STICK ได้โดยจะนำค่าระดับแรงดันที่ได้จากการ โยก Joy Stick ต่อเป็นอินพุตของวงจร Non-Inverting Amp ที่ขา 3 และ ขา 6 ของ Ic 4a, b ตามลำดับ ซึ่งกำหนดอัตราขยายแรงดันด้วย R14 และ R20 และจาก VRB จะแสดงการเปลี่ยนแปลงของแรงดันจากการ โยก Joy Stick ได้โดยนำค่าระดับแรงดันที่ได้จากการ โยก Joy Stick ต่อเป็นอินพุตที่ขา 2 และ ขา 5 ของ Ic 4a และ b ซึ่งค่าเอาต์พุตที่ได้จาก Ic 4a และ b จะมีค่าเป็นระดับแรงดัน DC (DC LEVEL) ซึ่งจะมีค่ามากขึ้นก็จะขึ้นอยู่กับการ โยก Joy Stick Ic 4c และ d ทำหน้าที่เป็นตัวเปรียบเทียบแรงดัน (Comparetor) ของระดับแรงดัน DC (DC LEVEL) กับสัญญาณ Saw tooth ที่ได้จากส่วนผลิตความถี่ โดยเอาต์พุตที่ได้จาก Ic 4c และ d จะมีลักษณะเป็น Square – Wave โดยจะมีค่าของ T on และ T off ไม่เท่ากัน โดยจะแยกเป็นกรณีได้ดังนี้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ระยะเวลาเข้า-เลี้ยวขวา

ค่าของ T on และ T off ของรูปคลื่นของเอาต์พุตของ Ic 4c และ d มีค่าไม่เท่ากัน โดยระยะเวลาเข้าของ T on ของ เอาต์พุตของ Ic 4c มากกว่า IC4d ระยะเวลาเลี้ยวขวาค่า T on ของเอาต์พุตของ IC4d มากกว่า IC4c

- ระยะเวลาหน้า-ถอยหลัง

ในระยะเวลาหน้า-ถอยหลัง ค่าของ T on และ T off ของเอาต์พุตของ Ic 4c และ Ic 4d จะมีค่าเท่ากัน (ซึ่งสามารถดูรายละเอียดและรูปภาพได้จากทฤษฎีการออกแบบ)

การควบคุมความเร็ว ในการควบคุมความเร็วสามารถกระทำได้โดยการ โยก Joy-Stick คือ เมื่อต้องการให้มีความเร็วเพิ่มขึ้นก็จะ โยก Joy-Stick ให้มากขึ้น ซึ่งเมื่อ โยก Joy - Stick มากค่าเอาต์พุตของ Ic 4c และ d จะมีค่า T on ของรูปสัญญาณมากและเมื่อความเร็วช้าค่า T on ของรูปสัญญาณจะมีค่าน้อย

SW1 จะต่ออยู่กับไฟ +5V ซึ่งในขณะที่ไม่กด SW1 จะทำให้ไม่มีเอาต์พุตของ Ic 5a และ 5b ซึ่งเป็น AND Gate และในขณะที่เรากด SW1 จะทำให้เอาต์พุตของ Ic 5a และ b เกิดขึ้นเพื่อที่จะนำไปขับภาค MOTOR DRIVE ต่อไป

เดิรหน้า-ถอยหลัง

VR1 ทำหน้าที่ปรับแรงดันอ้างอิง Reference Voltage ให้กับ IC6a และ b ซึ่งต่ออยู่ในลักษณะ Comparete เมื่อ โยก Joy - Stick ค่าการเปลี่ยนแปลงของระดับแรงดันจะส่งมาเป็นอินพุตของ IC6a และ 6b ที่ขา 2 และ 6 ตามลำดับ ซึ่งเอาต์พุตที่ได้จาก Comparete นี้จะมีลักษณะเป็น Logic 0 กับ 1 คือ END กับ VCC นั่นเอง ซึ่งเอาต์พุตที่ได้จะส่งไปยังภาค MOTOR DRIVE

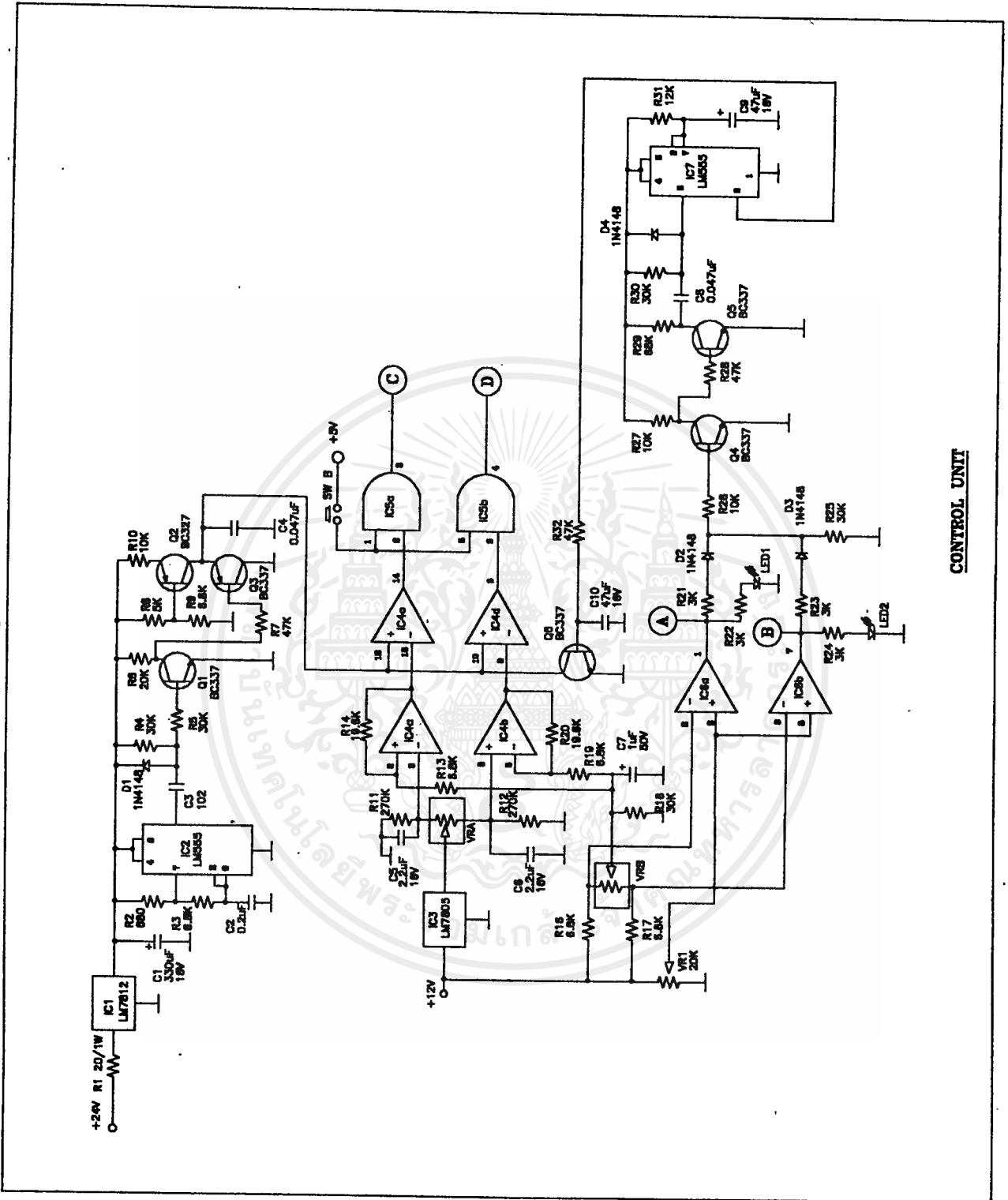
การป้องกันขณะที่ โยก Joy - Stick กลับทางอย่างรวดเร็ว

- จากเอาต์พุตของ IC6a และ 6b จะต่อกับ D2 และ D3 ซึ่งต่อวงจรอยู่ในลักษณะของ OR Gate เมื่อเอาต์พุตของ IC6a และ 6b มีระดับเป็น Logic 1 จะทำให้เอาต์พุตที่ได้จาก OR gate นี้เป็นบวกซึ่งในสภาวะปกติ เอาต์พุตของ OR Gate จะเป็น DC LEVEL ต่อเมื่อมีการ โยก Joy - Stick จากหน้า-กลับหลัง โดยผ่านจุดกึ่งกลางจะทำให้เอาต์พุตของ IC6a และ 6b เป็นศูนย์ทั้งคู่ชั่วขณะหนึ่ง

จึงทำให้เอาต์พุตของ OR Gate เป็นศูนย์ด้วย แล้วจะกลับมาเป็นระดับ DC LEVEL ตามเดิมซึ่งในสภาวะที่เอาต์พุตของ OR Gate เป็นศูนย์แล้วกลับมาเป็นระดับ DC LEVEL ทำให้ Q4 ON จึงทำให้ Q5 ON ด้วย ซึ่งก็คือเป็นการกำเนิดสัญญาณทริกให้กับ Ic 7 ซึ่งเป็นวงจร One Short Timer นั่นเอง โดยค่าคาบเวลาของความถี่ถึงกำหนดด้วย R31 และ

- C9 ซึ่งเท่ากับ 0.62 Scc โดยที่เอาท์พุทของ Ic 7 นี้จะทำให้ TR Q6 ON อยู่เท่ากับเวลาที่
 หน่วงคือ 0.62 Scc ซึ่งในขณะที่ Q6 จะ OFF ซึ่งมีเอาท์พุทไปยังภาค MOTOR – DRIVE
 - จึงเห็นได้ว่าในขณะที่เราโยก Joy – Stick กลับทิศทางอย่างรวดเร็วจะเกิดการหน่วง ชั่วหนึ่ง
 เพื่อไม่ให้มีการส่งเอาท์พุทไปยังภาค MOTOR DRIVE เพื่อป้องกันอันตรายจากการที่
 MOTOR ในภาค MOTOR DRIVE กลับทิศทางการหมุนอย่างรวดเร็ว

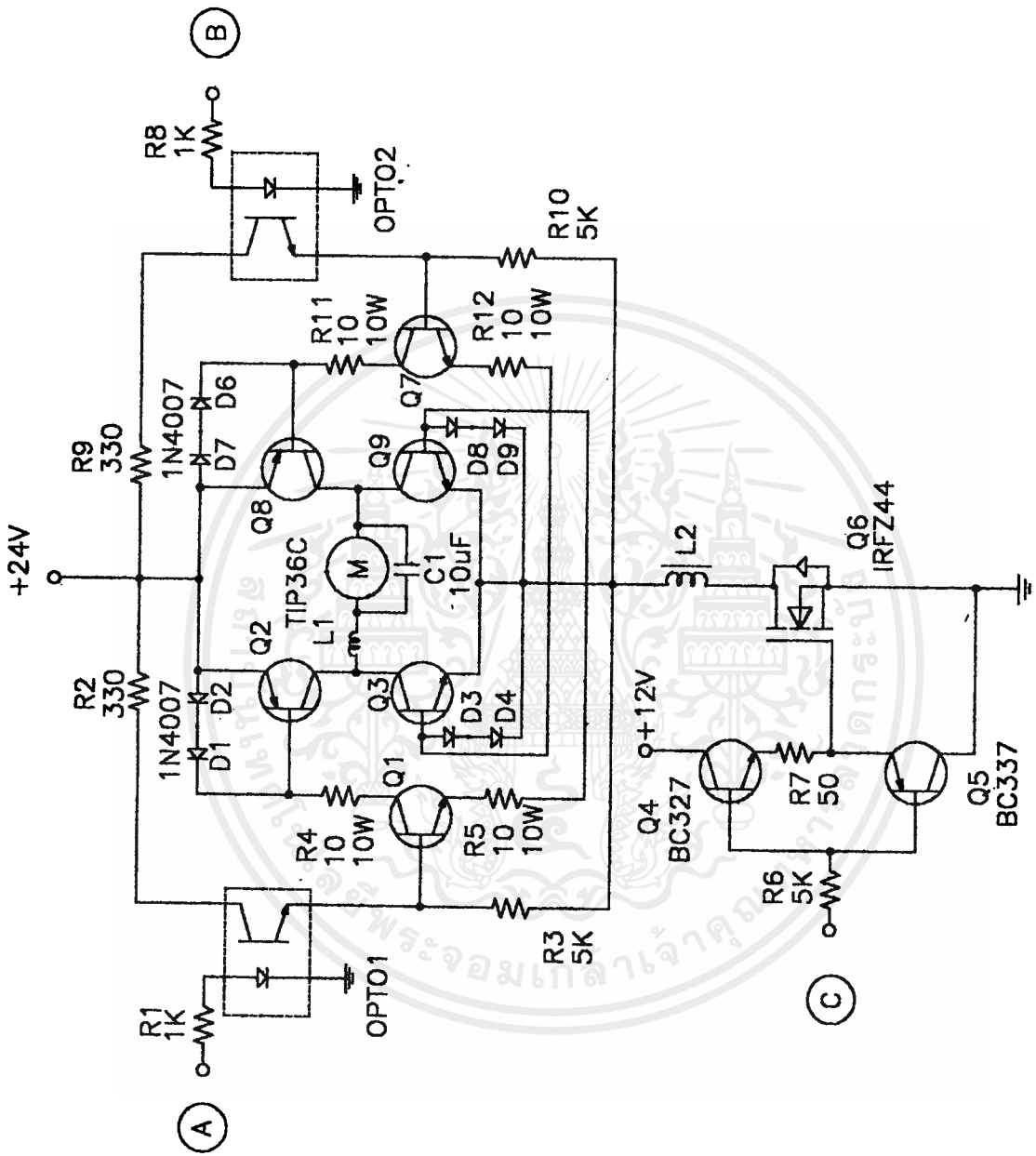




CONTROL UNIT

รูปที่ 3.13 วงจร SPEED AND DIRECTION CONTROL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



MOTOR DRIVE

รูปที่ 3.14 วงจร MOTOR DRIVE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 การทำงานของวงจรภาค MOTOR DRIVE (วงจรรูปที่ 3.14)

เมื่อมีสัญญาณเอาต์พุต (ซึ่งเป็นรูปสัญญาณพัลส์มาจากภาค SPEED AND DIRECTION CONTROL มาเป็นอินพุตให้กับ OPTO 1 (4N 35) จะทำให้มีกระแสไหลจาก Vcc ผ่าน R2 มาเป็นแรงดันไบอัสให้ Q1 ON เมื่อ Q1 นำกระแสจะทำให้ Q2 ON ไปด้วย D1,D2 จะจำกัด VBE ของ Q2 ให้ไม่เกิน 1.4 V. เพื่อป้องกัน Q2 พังเมื่อนำกระแสมา ๆ และในขณะเดียวกันเมื่อ Q1 ON ก็จะมีกระแสส่วนหนึ่งไหลผ่านทาง Emitter ของ Q1 มาไบอัสที่ขา Base ของ Q9 จึงทำให้ Q9 ON เพราะฉะนั้นจึงทำให้มีกระแสไหลจาก Vcc ผ่าน Q2 ผ่าน L1 ผ่าน M1 และผ่าน Q9 จึงทำให้ MOTOR M1 หมุน L1 จะป้องกันการคั้งกระแสของมอเตอร์ในขณะที่เริ่มหมุน

และถ้ามีอินพุตมาไบอัสให้ OPTO 2 ทำงาน การทำงานก็จะเป็นไปในลักษณะเดียวกันกับข้างต้นคือเมื่อ Q 7 ON จะทำให้ Q8 และ Q3 ON ไปด้วย จึงทำให้มีกระแสไหลผ่านมอเตอร์ M1 แต่จะเป็นการหมุนในลักษณะกลับทิศทางกับที่กล่าวมาข้างต้น ซึ่งจะเป็นการควบคุมให้ตัวรถเดินหน้า-ถอยหลังได้นั่นเอง

Q4, Q5 จะต่อเพื่อทำหน้าที่ ไบอัส Gate ของ Q6 ให้สามารถนำกระแสได้ทั้งอินพุตที่เป็นพัลส์บวกและพัลส์ลบ โดยที่ Q6 จะนำกระแสมาหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับความกว้างของพัลส์ทางอินพุตที่เข้ามาโดย Q6 จะต่อวงจรกับ L2 ในลักษณะ Power Switching Open loop ซึ่งทำหน้าที่ในการควบคุมให้กระแสไหลผ่าน Motor M1 มากน้อยเท่าไรขึ้นอยู่กับ การนำกระแสของ Q6 ว่า จะมากหรือน้อย Q6 นำกระแสมา Motor M1 ก็จะหมุนเร็วขึ้น แต่ถ้า Q6 นำกระแสก็น้อยก็จะทำให้ Motor M1 หมุนช้าลง จากหลักการทำงานของวงจรที่กล่าวมาจะเห็นว่า การเคลื่อนที่ของตัวรถจะมีลักษณะดังนี้คือ

เดินหน้า-ถอยหลัง

จะสามารถกระทำได้โดยการกลับทิศทาง การหมุนของ Motor M1

เลี้ยวซ้าย-เลี้ยวขวา

เนื่องจากวงจร Motor Drive จะมี 2 วงจร เพื่อขับล้อซ้าย-ล้อขวา การเลี้ยวซ้ายจะเกิดขึ้นได้เมื่อล้อซ้ายหยุดหรือเคลื่อนที่ช้ากว่าล้อขวา ขณะเดียวกันการเลี้ยวขวาจะเกิดขึ้นได้เมื่อล้อขวาหยุดหรือเคลื่อนที่ช้ากว่าล้อซ้าย โดยมีการหยุดหมุนหรือหมุนช้า หมุนเร็ว ของ Motor M1 ก็จะขึ้นอยู่กับ การนำกระแสของ Q6 นั่นเอง

ส่วนในการควบคุมความเร็วก็เช่นเดียวกันคือ จะขึ้นอยู่กับ การนำกระแสของ Q6 ว่า จะมากหรือน้อยซึ่งจะถูกควบคุมมาจากคันบังคับหรือ Joy Stick นั่นเอง

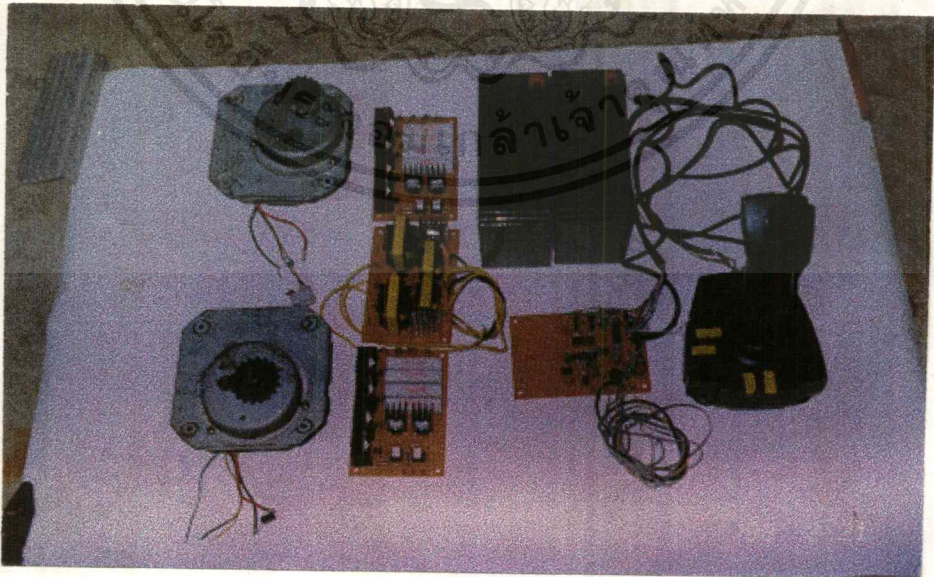
บทที่ 4

การสร้างและการประกอบชิ้นส่วนตัวรถ

กว่าที่จะได้รถเงินไฟฟ้าที่สมบูรณ์นั้นต้องผ่านขั้นตอนการสร้างและการประกอบชิ้นส่วนซึ่งมีลำดับขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1. จากจอยสติคค์ที่ซื้อมาจากท้องตลาดนำมาถอดสายที่ต่อร่วมกันออกเพื่อให้ตัวด้านทานแนวแกน X และแนวแกน Y แยกจากกัน โดยอิสระ
2. ประกอบวงจรที่ทดลองลงบนโปรโตบอร์ดได้ผลแล้วลงบนแผ่นปริ้นซ์โดยแยกเป็นชุด ๆ ตามการทำงานซึ่งประกอบไปด้วย
 - 2.1 วงจรควบคุมความเร็วและควบคุมทิศทาง
 - 2.2 วงจรขับมอเตอร์
 - 2.3 จอยสติคค์
 - 2.4 มอเตอร์ขับเคลื่อนซ้ายและถนัดขวา
 - 2.5 แบตเตอรี่

ส่วนประกอบทางไฟฟ้าแสดงไว้ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ส่วนประกอบทางไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ต่อย่างจรทดสอบการทำงานและต่อขั้วมอเตอร์ให้สัมพันธ์กับการ โยกจอยสติกค์ประกอบ งานจับ โช้ขนาด 18 ฟัน เข้ากับมอเตอร์ทั้ง 2 ตัว ยึดด้วยน็อต 6 เหลี่ยม

4. รถเงินที่ใช้เป็นรถเงินชนิดพับได้สามารถหาซื้อได้ตามท้องตลาดนำมาตัดแกนเหล็กที่ไขว้ ตรงกลางออก ถอดเบาะรองนั่งออกใช้เหล็กฉากเชื่อมยึดทั้ง 4 ด้าน ที่ได้เบาะรองนั่งและที่ส่วนล่างสุด ของตัวรถได้ผลการปฏิบัติตามรูป

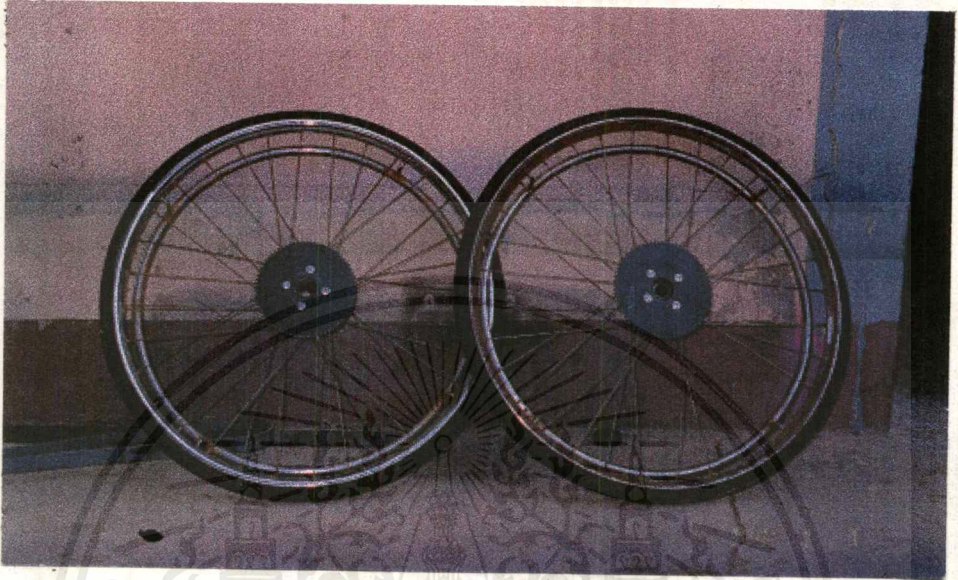


รูปที่4.2แสดงการดัดแปลงโครงรถ

5. ตัดแผ่นไม้กระดานอัดประมาณ 15 มิล กว้างและยาวเท่ากับขนาดเหล็กที่ยึดโครงทั้งส่วน บนและส่วนล่างเจาะรูตรงกลางของด้านทุกด้านเพื่อยึดไม้ทั้งสองแผ่นเข้ากับเหล็กที่ยึดโครงรถ

6. นำเหล็กฉากมาเจาะยึดอีกข้างละ 1 อัน เพื่อเป็นตัวยึดปีกด้านบนของมอเตอร์ได้ผลการ ปฏิบัติตามรูปที่4.2

7. ถอดล้อหลังออกทั้งสองข้าง นำไปยึดติดกับงานโซ่ขนาด 72 ฟัน ด้วยน็อตและสกรู 4 ตัว
ตามรูป



รูปที่ 4.3 รูปแสดงการยึดงานโซ่ติดกับล้อ

8. เมื่อถอดล้อหลังออกจะเห็นเพลาล้อหลังซึ่งมีขนาดสั้นเกินไป ให้ถอดเพลาไปเป็นแบบ
แล้วกลึงใหม่ให้ยาวเพิ่มขึ้นข้างละ 1 นิ้ว เพื่อให้มีที่สำหรับรองรับงานโซ่และโซ่ในการขับล้อหลัง
9. เจาะรูที่เหล็กฉากด้านข้างแล้วยึดมอเตอร์ให้มีระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของมอเตอร์
และจุดศูนย์กลางล้อหลังประมาณ 20 เซนติเมตร เจาะรูเพื่อไว้ห่างจากรูเดิม 1 เซนติเมตรไปทางซ้าย
และทางขวาของรูที่ยึดมอเตอร์
10. นำไม้รองด้านล่างไปเจาะรูเพื่อยึดวงจรควบคุม

11. นำส่วนประกอบที่ตัดแปลงเตรียมประกอบตามรูปที่4.4



รูปที่4.4 รูปแสดงการยึดมอเตอร์และเตรียมประกอบล้อหลัง

12. ถอดที่ปักแกนด้านขวาออก ตัดไม้กระดานอัดขนาดกว้าง 5 นิ้ว ยาว 1 ฟุต เจาะรูยึดเหมือนกับที่ปักแกนเดิมนำไปยึดแทนที่ปักแกนด้านขวา
13. ทาสีแผ่นไม้ที่ปักแกน แผ่นไม้รองนั่ง แผ่นไม้ยึดวงจร และเหล็กยึดโครงที่ใส่ทั้งหมดด้วยสีดำจะทำให้เกิดความสวยงามและป้องกันสนิมให้กับเหล็ก
14. ยึดวงจรเข้ากับแผ่นไม้ติดแบตเตอรี่กับแผ่นไม้ด้วยกาวความร้อนนำไปประกอบกับตัวรถติดจอยสติกค์กับที่ปักแกนด้านขวาด้วยกาวความร้อน

15. ใส่ล้อหลังยี่ดมอเตอร์ทั้ง 2 นำโซ่มาวัดขนาดความยาวรอบงานโซ่ทั้ง 2 แล้วนำไปตัดให้เหลือความยาวที่เหมาะสมนำมาใส่ล้อมรอบงานโซ่ทั้ง 2 แล้วใส่ข้อต่อ ยี่ดมอเตอร์ให้แน่นอีกครั้งจะได้ส่วนประกอบที่สำเร็จทั้งหมดตามรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 รูปสมบรูณ์ของรถเข็นไฟฟ้า

16. ต่อขั้วแบตเตอรี่เปิดสวิทซ์ไฟตรวจสอบเบื้องต้นว่ามีสิ่งผิดปกติหรือไม่ ถ้าไม่มีให้ทดลองบังคับรถให้วิ่งไปข้างหน้า ถ้ารถวิ่งไม่ตรงให้ปรับที่ปุ่มปรับแนวแกน X บนจอยสติคค์จนรถวิ่งตรงเป็นอันเสร็จสิ้นการสร้างรถเข็นไฟฟ้า

บทที่ 5

การทดลอง และ ผลการทดลองของวงจร

หลังจากที่ได้ออกแบบวงจร ,ประกอบวงจร, คัดรถเข็นและนำอุปกรณ์มาติดตั้งบนรถตามขั้นตอนการสร้างเรียบร้อยแล้วในบทนี้จะนำรถมาทดลองเพื่อทราบถึงวิธีการควบคุมรถ การบำรุงรักษา คุณสมบัติและขีดจำกัดของรถเข็นไฟฟ้าที่สร้างขึ้นนี้ สำหรับเป็นข้อมูลเบื้องต้นแก่ผู้ที่สนใจจะนำไปศึกษาเพื่อสร้างใช้งานหรือนำไปพัฒนาให้มีคุณสมบัติที่ดียิ่งขึ้นต่อไป

ตอนที่ 1 การบังคับทิศทางรถเข็นไฟฟ้า

1. ผู้ทดลองขึ้นนั่งบนรถเข็นไฟฟ้าเปิดสวิตช์เพื่อจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ ไปเลี้ยงวงจร
2. โยกจอยสติ๊กไปทางซ้ายแล้วสังเกตผล โยกจอยสติ๊กไปทางขวาแล้วสังเกตผล และสุดท้ายโยกจอยสติ๊กไปด้านหลังแล้วสังเกตผลที่เกิดขึ้นกับรถเข็นไฟฟ้า
3. บันทึกผลการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ที่เกิดขึ้นกับรถเข็นไฟฟ้าเมื่อ โยกจอยสติ๊กในทิศทางต่าง ๆ ตามการทดลองข้อที่ 2
4. กด ปุ่มกด B และกดค้างไว้ตลอดการทดลองในข้อ 4 นี้ ค่อย ๆ โยกจอยสติ๊กไปข้างหน้า สังเกตผลการเคลื่อนที่ของรถตั้งแต่เริ่ม โยกจนถึงตำแหน่งหน้าสุดสังเกตการเคลื่อนที่สักครู่ จากนั้นค่อย ๆ โยกจอยสติ๊กมาข้างหลังจนถึงตำแหน่งกึ่งกลางและยังคงค่อย ๆ เคลื่อนจอยสติ๊กต่อไปเรื่อย ๆ จนถึงตำแหน่งหลังสุด สังเกตผลที่เกิดขึ้นต่อการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่แล้ว โยกจอยสติ๊กไปตำแหน่งกึ่งกลาง ปล่อยปุ่มกด B
5. กด ปุ่มกด B และกดค้างไว้เช่นเดียวกับการทดลองข้อ 4 ค่อย ๆ โยกจอยสติ๊กไปทางซ้าย สังเกตผลการเคลื่อนที่ของรถตั้งแต่เริ่ม โยกจนถึงตำแหน่งซ้ายสุด สังเกตการเคลื่อนที่สักครู่ จากนั้นค่อย ๆ โยกจอยสติ๊กไปเรื่อย ๆ จนถึงตำแหน่งขวาสุด สังเกตผล แล้วโยกจอยสติ๊กกลับมาจุดกึ่งกลางปล่อย ปุ่มกด B
6. บันทึกผลที่เกิดขึ้นตามการทดลองข้อ 4 และข้อ 5
7. กดปุ่มกด B ค้างไว้ค่อย ๆ โยกจอยสติ๊กไปหน้าสุดแล้ว โยกจอยสติ๊กในแนวโค้ง ไปที่ตำแหน่งซ้ายสุด สังเกตผล โยกกลับมาที่กึ่งกลาง จากนั้นทำคล้ายกันแต่เปลี่ยนเป็นขวาสุดแทน ปล่อยปุ่มกด B
8. ทำการทดลองเหมือนข้อ 7 แต่ลดระยะในการ โยกไปข้างหน้าและข้างหลังของจอยสติ๊กจนถึงค่าต่ำสุดที่จะทำให้เกิดการเลี้ยวของรถบันทึกระยะสั้นที่สุดที่ล้อเคลื่อนที่ก่อนการเลี้ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. โยกจอยสตติกค์ไปหน้าสุดแล้วค่อยกดปุ่มกด B สังเกตผลปล่อยปุ่มกด B และ โยกจอยสตติกค์ไปหลังสุดแล้วค่อยกดปุ่มกด B สังเกตผล ปล่อยปุ่มกด B บันทึกผลการทดลอง

ผลการทดลองตอนที่ 1

1. เมื่อเปิดสวิตช์แล้ว โยกจอยสตติกค์ไปในแต่ละทิศทางต่าง ๆ ทุกทิศทางจะ ไม่มีการเคลื่อนที่ของรถเซ็นไฟฟ้า รถยังคงหยุดนิ่งอยู่ตำแหน่งเดิม
2. เมื่อกดปุ่มกด B แล้ว โยกไปข้างหน้าทำให้รถเริ่มเคลื่อนไปข้างหน้าความเร็วของรถจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น ไปตามการโยกจอยสตติกค์และสูงสุดที่ตำแหน่งหน้าสุดของจอยสตติกค์ เมื่อโยกกลับมาถึงตำแหน่งกึ่งกลาง ทำให้ความเร็วของรถลดลงจนหยุดนิ่งที่ตำแหน่งกึ่งกลาง เมื่อ โยกต่อไปข้างหลังรถก็จะเริ่มเคลื่อนที่ถอยหลัง ความเร็วสูงสุดที่ตำแหน่งหลังสุดและความเร็วลดลงจนหยุดนิ่งเมื่อ โยกจอยสตติกค์กลับมาถึงกึ่งกลาง จากการสังเกตพบว่าความเร็วสูงสุดในการเดินทางหน้าและถอยหลังจะมีค่าไม่เท่ากัน โดยความเร็วในการเดินทางถูกกำหนดให้มีค่ามากกว่าความเร็วในการถอยหลัง
3. เมื่อกดปุ่มกด B แล้ว โยกจอยสตติกค์ไปทางซ้ายและทางขวาในขณะที่รถหยุดนิ่งจะไม่เกิดการเคลื่อนที่ของรถ
4. ในขณะที่เคลื่อนที่ไปข้างหน้าถ้า โยกจอยสตติกค์มาทางซ้ายในแนวโค้งจะทำให้มอเตอร์ทางขวาลดความเร็วลงจนต่ำสุดที่ซ้ายสุดจึงทำให้เกิดการเลี้ยวซ้าย และถ้า โยกจอยสตติกค์ไปทางขวาในแนวโค้งจะทำให้มอเตอร์ทางขวาลดความเร็วลงจนต่ำสุดที่ขวาสุดทำให้เกิดการเลี้ยวขวา ในขณะที่ถอยหลังก็ได้ผลการเปลี่ยนแปลงความเร็วเหมือนกับเดินทาง
5. ระยะทางใกล้สุดก่อนจะเกิดการเลี้ยวเท่ากับ 10 เซนติเมตร เท่ากันทั้งเดินทางหน้าและถอยหลัง
6. เมื่อ โยกไปหน้าสุดแล้วค่อยกดปุ่มกด B จะทำให้รถเคลื่อนที่ไปข้างหน้าในลักษณะกระชากตอนเริ่มเคลื่อนที่และความเร็วเพิ่มขึ้นถึงค่าสูงสุดในเวลาอันสั้นและขณะถอยหลังก็ได้ผลเช่นเดียวกัน

ตอนที่ 2 การวัดความเร็ว

เมื่อสามารถควบคุมรถให้เคลื่อนที่ไปตามทิศทางที่ต้องการ ได้แล้ว ก่อนที่จะนำรถเซ็นไฟฟ้าไปใช้งานจริง ๆ จะต้องหาคุณสมบัติอีกอย่างหนึ่งคือความเร็ว เพราะความเร็วที่เหมาะสมจะทำให้ผู้ใช้ซึ่งอาจเป็นผู้ที่มีร่างกายไม่ค่อยแข็งแรง มีความเชื่อมั่นในความปลอดภัยจากการใช้รถเซ็นไฟฟ้า ที่เราสร้างขึ้น

ในการทดลองเพื่อหาความเร็วสูงสุดของรถจะใช้การเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเป็นหลัก และจะทำการทดลองใน 2 สถานะ คือ ช่วงแรกจะเป็นการทดลองที่สถานะไม่มีโหลด และ ช่วงที่สองจะเป็นการทดลองที่โหลด 80 กิโลกรัม

1. การทดลองหาความเร็วเมื่อไม่มีโหลดจะใช้วิธีการหาความเร็วทางอ้อม โดยเริ่มจากรัดรัศมีของล้อรถเซ็น แล้วนำรัศมีที่ได้ไปคำนวณหาเส้นรอบวง
2. นำม้านั่งมาหมุนที่โครงเหล็กใต้รถเซ็นให้ล้อหลังลอยขึ้นเหนือพื้นสำรวจคู่มือหลังไม่ไห สัมผัสกับสิ่งใดเพื่อป้องกันการเสียดสี กดปุ่มกด B โยกจอยสติคค์ไปข้างหน้าจะทำให้ล้อ หมุนแต่รถจะไม่เคลื่อนที่ นับรอบที่ล้อหลังหมุนภายในเวลา 1 นาที นำจำนวนรอบ/นาทีที่ ได้ไปคำนวณร่วมกับเส้นรอบวงเพื่อหาความเร็วขณะไม่มีโหลด ปลดปุ่มกด B ปลดจอยสติคค์ บันทึกผลการทดลอง
3. นำม้านั่งออกเพื่อให้รถตั้งบนพื้นตามปกติ ผู้ทดลองซึ่งมีน้ำหนักประมาณ 80 กิโลกรัม ขึ้นนั่ง เลือกพื้นที่ที่มีทางตรงยาวพอสมควรจากนั้นบังคับรถตรงไปข้างหน้าเริ่มออกตัวก็ เริ่มจับเวลาวิ่งไปโดยความเร็วสูงสุด ไปจนเวลาคง 1 นาที จะได้อัตราเร็วเป็น เมตร/นาที ซึ่งความเร็วดังกล่าวนี้ ถือว่าความเร็วสูงสุดที่โหลด 80 kg

ผลการทดลองตอนที่ 2

1. ค่ารัศมีล้อหลังของรถเซ็นไฟฟ้าได้เท่ากับ 30 เซนติเมตรนำค่ารัศมีดังกล่าวไปคำนวณหาเส้นรอบวงจากสูตร

$$L = 2 \pi r$$

แทนค่าได้ คือ

$$L = (2 \times 3.14 \times 0.3)$$

$$= 1.88 \text{ เมตร}$$

จากการทดลองนับรอบใน 1 นาทีได้ 44 รอบ

ดังนั้นใน 1 นาที ได้ระยะทางคือ $1.88 \times 44 = 82.72$ เมตร

เมื่อนำมาคิดเป็นกิโลเมตร/ชั่วโมง คือ $(82.72 \times 60/1000) = 4.96$ กิโลเมตร/ชั่วโมง

ได้ความเร็วสูงสุดที่ไม่มีโหลดคือ 4.96 กิโลเมตร/ชั่วโมง

2. จากการวิ่งรถทางตรงในเวลา 1 นาที วัดได้ระยะทางประมาณ 75 เมตร ใน 1 นาที ได้ระยะทาง 75 เมตร

นำมาแปลงเป็นกิโลเมตร/ชั่วโมง คือ $(75 \times 60/1000) = 4.5$ กิโลเมตร/ชั่วโมง

ดังนั้น ความเร็วสูงสุดที่โหลด 80 กิโลกรัมคือ 4.5 กิโลเมตร/ชั่วโมง

ตอนที่ 3 อายุการใช้งาน

แหล่งจ่ายไฟหลักของวงจรที่ใช้กับรถเข็นไฟฟ้านี้จะต้องมีขนาดไม่ใหญ่มากนัก และต้องมีน้ำหนักเบา จึงเลือกใช้แบตเตอรี่ขนาด 12V. 7Ah แบบซีลลีด-แอซิด (Sealed Lead Acid) หรือแบตเตอรี่แบบแห้ง 2 ลูกต่อกันแบบอนุกรมเพื่อเป็นไฟเลี้ยงมอเตอร์ 24 โวลต์ แต่ไฟเลี้ยงที่ใช้กับวงจรควบคุมทิศทางเป็นไฟ 12 โวลต์ ซึ่งเป็นไฟจากแบตเตอรี่เพียงตัวเดียว จึงอาจทำให้เข้าใจว่าแบตเตอรี่ทั้งสองหมัดไม่พร้อมกัน แต่ปริมาณกระแสที่จ่ายให้วงจรควบคุมทิศทางมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณกระแสที่ใช้กับมอเตอร์ทั้งสอง ทำให้แบตเตอรี่ทั้งสองเริ่มใช้พร้อมกันก็จะหมัดพร้อมกัน

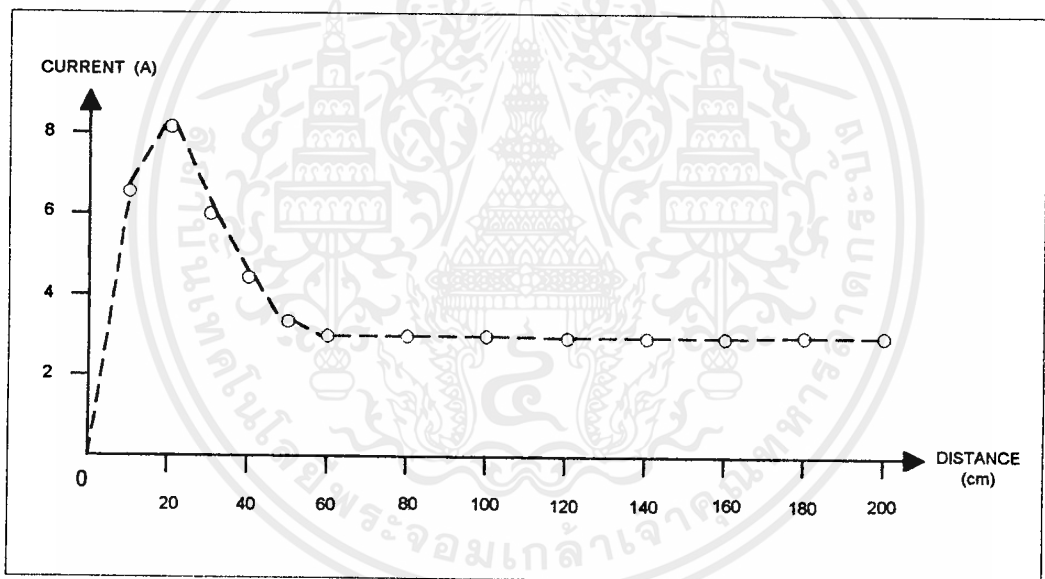
จากข้อสรุปข้างต้นจะไม่แยกทดลองหรือวัดแบตเตอรี่ทีละตัวแต่จะทำการทดลองโดยหาความสัมพันธ์ที่เก็จากส่วนประกอบทั้งหมดของรถเข็นไฟฟ้า แล้วนำมากำหนดเป็นอายุการใช้งานโดยเฉลี่ยการทดลองจะทดสอบเพื่อให้ได้คุณลักษณะ 2 อย่างคือ ความสัมพันธ์กระแสตั้งแต่ช่วงเริ่มเคลื่อนที่จนถึงความเร็วคงที่และระยะทางที่วิ่งได้ในการชาร์จแบตเตอรี่ 1 ครั้ง มีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. เลือกย่านของคิจิตอลมัลติมิเตอร์ไว้ที่ตำแหน่งวัดกระแส นำไปต่ออนุกรมกับขั้วแบตเตอรี่เปิดสวิตซ์
2. ผู้ทดลองขึ้นนั่งบนรถ มือซ้ายถือมิเตอร์ไว้ มือขวาจับจอยสติ๊ก กดปุ่มกด B ค่อย ๆ โยกจอยสติ๊กไปข้างหน้าให้รถเคลื่อนที่ไปข้างหน้าอย่างช้า ๆ จนมีความเร็วสูงสุด สังเกตค่ากระแสที่อ่านได้ทุก ๆ 10 เซนติเมตร ในระยะทางประมาณ 2 เมตร วิธีการในการอ่านค่ากระแสควรมีผู้ช่วยอีก 1 คน ในการอ่านมิเตอร์และบันทึกค่ากระแสดังกล่าวลงในตาราง เพราะในการทดลองจำเป็นต้องทำการทดลองอย่างต่อเนื่องจึงจะได้ผลที่ถูกต้อง
3. นำค่าจากการทดลองไปพล็อตกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกระแสที่ใช้กับระยะทาง
4. วิธีการทดลองเกี่ยวกับอายุการใช้งาน จะบอกเป็นระยะทางโดยเฉลี่ย ใช้พื้นที่ทดลองเป็นเส้นตรง กำหนดจุดเริ่มต้นและจุดวนกลับเป็นระยะทาง 50 เมตร หรือในการวน 1 รอบ จะได้ระยะทาง 100 เมตร
5. ชาร์จแบตเตอรี่จนเต็ม โดยคุณสมบัติของแบตเตอรี่ที่ใช้ในขณะที่แบตเตอรี่เต็มจะมีแรงดัน 13.8 โวลต์ เมื่อนำมาต่ออนุกรมกันจะได้แรงดันรวม 27.6 โวลต์
6. ผู้ทดลองขึ้นนั่งบนรถ เปิดสวิตซ์บังคับรถออกจากจุดเริ่มต้นไปถึงจุด 50 เมตร แล้ววนกลับมาที่จุดเริ่มต้นและวนต่อไปจนกระทั่งแบตเตอรี่หมด ตลอดการทดลองจะหยุดวัดแรงดันแบตเตอรี่ทุก 5 รอบ
7. นำค่าแรงดันที่ได้ไปใส่ในตารางบันทึกผลการทดลองแล้วนำไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางที่ได้กับการเปลี่ยนแปลงแรงดัน

ผลการทดลองตอนที่ 3

ระยะทาง (CM)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120-200
กระแส (A)	0	6.5	8.2	5	4.4	3.3	3	3	3	3	3	3	3

ตารางกระแสกับระยะทาง



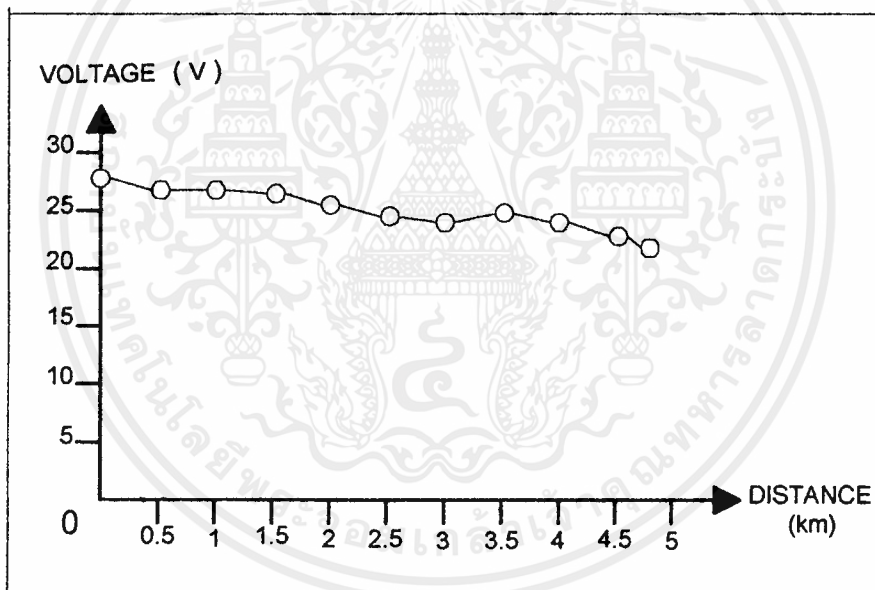
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับระยะทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองตอนที่ 3

ระยะทาง (KM)	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	4.8
แรงดัน (V)	27.6	27	27	26.4	25.8	24.5	24	24.5	24	23.5	22.7

ตารางแรงดันกับระยะทาง



กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางที่ได้กับแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปและวิจารณ์

จากผลการทดลองนำมาสรุปเป็นวิธีการใช้งานและคุณสมบัติของรถเข็นไฟฟ้าได้คือ

1. จอยสติคค์เป็นส่วนประกอบที่ใช้ควบคุมการทำงานทั้งหมด ทั้งกำหนดทิศทางและกำหนดความเร็ว
2. ปุ่มกด B เป็นตัวกำหนดการเคลื่อนที่ถ้าไม่กดปุ่มกด B ก็จะไม่มีการเคลื่อนที่มีไว้ป้องกันการโยกจอยสติคค์โดยไม่ตั้งใจ
3. วิธีการบังคับโดยต้องกดปุ่มกด B ค้างไว้
 - 3.1 เมื่อต้องการไปข้างหน้าให้โยกจอยสติคค์ไปข้างหน้า
 - 3.2 เมื่อต้องการถอยหลังให้โยกจอยสติคค์ไปข้างหลัง
 - 3.3 ถ้าต้องการเลี้ยวซ้ายไปทางด้านหน้าให้โยกจอยสติคค์ไปหน้าเล็กน้อยแล้วโยกไปทางซ้าย
 - 3.4 ถ้าต้องการเลี้ยวขวาไปทางด้านหน้าให้โยกจอยสติคค์ไปหน้าเล็กน้อยแล้วโยกไปทางขวา
 - 3.5 ถ้าต้องการเลี้ยวซ้ายไปทางด้านหลังให้โยกจอยสติคค์ไปหลังเล็กน้อยแล้วโยกไปทางซ้าย
 - 3.6 ถ้าต้องการเลี้ยวขวาไปทางด้านหลังให้โยกจอยสติคค์ไปหลังเล็กน้อยแล้วโยกไปทางขวา
4. ความเร็วสูงสุดขณะที่ไม่มีโหลดคือ 4.9 กิโลเมตร/ชั่วโมง ความเร็วสูงสุดขณะที่มีโหลด 80 กิโลกรัมคือ 4.5 กิโลเมตร/ชั่วโมง
5. จากผลการทดลองตอนที่ 3 เมื่อพิจารณาจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับระยะทางซึ่งสรุปได้ว่าแบตเตอรี่ต้องจ่ายกระแสสูงสุดขณะเริ่มเคลื่อนที่ถึง 8.2แอมป์ แต่เมื่อความเร็วคงที่แล้วจะถึงกระแสที่ 3 แอมป์ จึงได้ข้อแนะนำประการหนึ่งคือ อายุการใช้งานจะขึ้นอยู่กับวิธีการใช้ด้วย ถ้ามีการหยุดและออกตัวบ่อยครั้งก็จะทำให้เปลืองกระแสมากขึ้น อายุการใช้งานก็จะสั้นลง
6. จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางที่ได้กับแรงดันทำให้สรุปได้ว่าการชาร์ตแบตเตอรี่ 1 ครั้ง จะวิ่งได้ระยะทางโดยเฉลี่ยประมาณ 4.8 กิโลเมตร และแบตเตอรี่ที่ชาร์ตไว้จนเต็มจะมีแรงดัน 13.8 โวลท์ และแบตเตอรี่ที่ใช้จนหมดกระแสจะมีแรงดันประมาณ 11.35 โวลท์
7. ข้อแนะนำอีกประการคือ แบตเตอรี่แบบ Scaled Acid นี้ไม่ควรนำไปชาร์ตในขณะที่จ่ายกระแสยังไม่หมดเพราะจะทำให้อายุการใช้งานสั้นลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวทางการแก้ไขและปรับปรุง

- จากการทดลองต่าง ๆ เราจะเห็นได้ว่ามีข้อบกพร่องหรือควรปรับปรุงดังนี้คือ
- ระบบเบรก ซึ่งในโครงการนี้ใช้ระบบเบรคเดิมที่ติดมากับรถซึ่งน่าจะมีการปรับปรุงใหม่ในโอกาสต่อไป อาจจะใช้ระบบอิเล็กทรอนิกส์ผสมกับแมคคานิกส์ ซึ่งจะทำให้สะดวกกว่าของเดิม
 - ควรจะมีวงจรตรวจสอบระดับแรงดันของแบตเตอรี่ เพื่อสามารถที่จะได้รู้ระดับแรงดันของแบตเตอรี่
 - ระบบควบคุมความเร็วในการเคลื่อนที่ของตัวรถจากการทดลองที่ผ่านมาไม่อาจที่จะควบคุมความเร็วในการเคลื่อนที่ของตัวรถให้เป็นที่แน่นอน
 - ระบบ Charge battery ควรจะมีติดตั้งอย่างถาวรในตัวรถซึ่งคุณสมบัติของวงจร Charge battery ควรจะจ่ายกระแสได้ 1A ตาม Specification ของ battery และอาจจะมีส่วนอื่น ๆ เพิ่มเติมเข้ามาได้เพื่อความสมบูรณ์แบบยิ่งขึ้น
 - อาจจะมีการนำเอาไมโครโปรเซสเซอร์หรือไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ามาช่วยเพราะจะทำให้ระบบต่าง ๆ มีประสิทธิภาพมากขึ้น

ภาคผนวก

ก. คุณสมบัติของแบตเตอรี่ MP 7A- 12V

ข. ตารางแสดงการ DISCHARGE ของแบตเตอรี่ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIFICATION

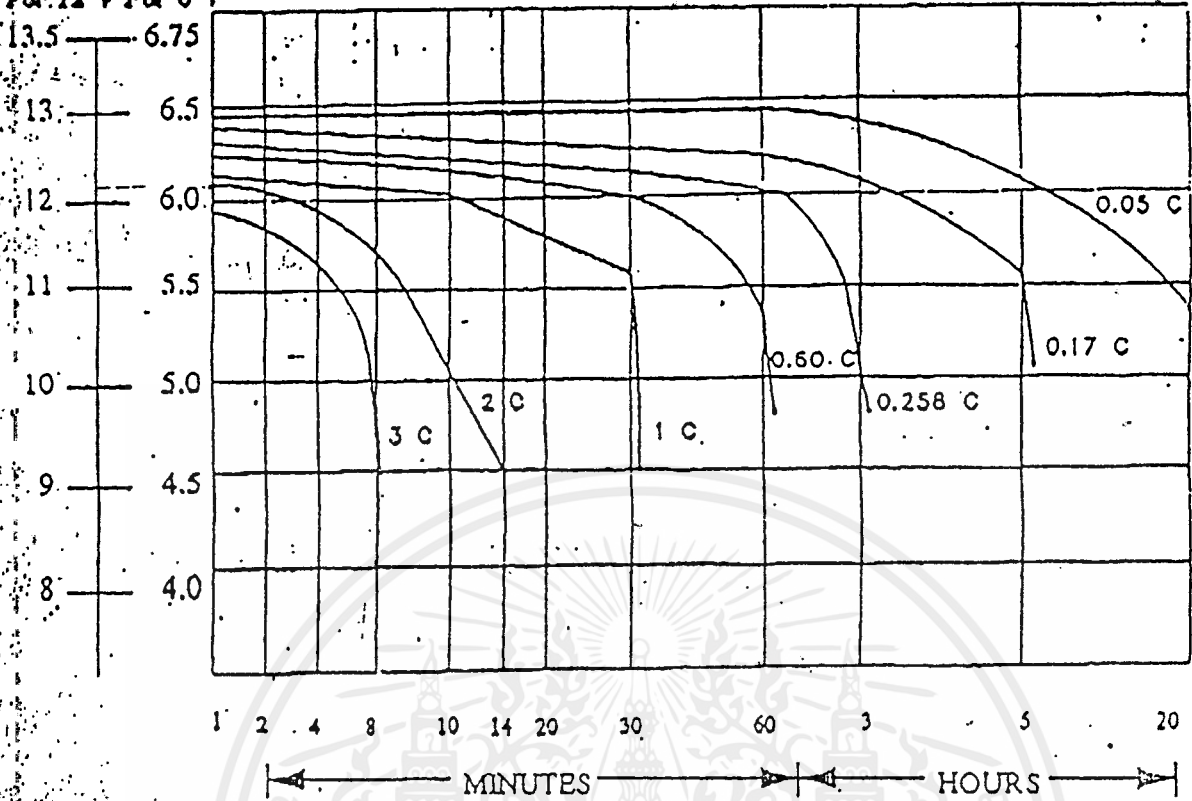
MODEL		MP 7A-12V	
NOMINAL VOLTAGE		12V	
REATED CAPACITY		7AH/20HR.	
REATED CAPACITY(AH) 27°C (81°F)	20 HR, 0.35 A	7 AH. (DISCHARGE TO 10.5 V)	
	5 HR, 1.18 A	5.9 AH. (DISCHARGE TO 10.2 V)	
	3 HR, 1.8 A	5.4 AH. (DISCHARGE TO 9.6 V)	
	1 HR, 4.2 A	4.2 AH. (DISCHARGE TO 9.6 V)	
	0.5 HR, 7 A	3.5 AH. (DISCHARGE TO 9.0 V)	
CAPACITY AFFECTED BY TEMPERAURE		32°C	103%
		27°C	100%
		10°C	88%
INTERNAL RESISTANCE		25°C FULL CHARGE	APPROX. 30 M.
SELF DISCHARGE	20°C	AFTER 4 MONTHS	14%
		AFTER 8 MONTHS	26%
	30°C	AFTER 4 MONTHS	24%
		AFTER 8 MONTHS	40%
WEIGHT		APPROX. 2.7 KGS	
WEIGHT EFFICIENCY (20 HR)		31 WH/KG	
VOLUME EFFICIENCY (20 HR)		84 WH/L	
CONSTANT VOLTAGE CHARGE	STAND BY USE	CHARGEING VOLTAGE	13.6-13.8 V (27°C)
		CHARGEING CURRENT	BEST 0.7~0.9 MAX 1.2A
	CYCLE USE	CHARGEING VOLTAGE	14.4-14.8 V (27°C)
		CHARGEING CURRENT	BEST 0.7~0.9 MAX 1.2A
BATTERY LIFE	STAND BY USE	AT 27°C	3-4 YEARS
	CYCLE USE	100% DISCHARGE	200-250 CYCLES
		50% DISCHARGE	500-600 CYCLES
		30% DISCHARGE	1,100-1,200 CYCLES
BATTERY CONTAINER & COVER MATERIAL		ABS	
DIMENSION (+/- 2MM.)	LENGTH	151 MM.	
	WIDTH	65 MM.	
	HEIGHT	94 MM.	
	TOTAL HEIGHT	97.5 MM.	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับคุณสมบัติของแบตเตอรี่ MP 7A-12V โปรดดูหน้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BATTERY (V)

For 12 V For 6 V

DISCHARGE CHARACTERISTIC CURVES AT 27 °C (81 °F)



DISCHARGE CURRENT AT STIPULATED DISCHARGE RATES

CAPACITY	DISCHARGE CURRENT (A)						
	0.05 C	0.17 C	0.258 C	0.60 C	1 C	2 C	3 C
4 AH	0.05×4 0.2 A	0.68 A	1.03 A	2.4 A	4 A	8 A	12 A
6 AH	0.05×6 0.3 A	1.02 A	1.53 A	3.6 A	6 A	12 A	18 A
7 AH	0.05×7 0.35 A	1.18 A	1.8 A	4.2 A	7 A	14 A	21 A
8 AH	0.4 A	1.36 A	2.07 A	4.8 A	8 A	16 A	24 A
10 AH	0.5 A	1.7 A	2.57 A	6.0 A	10 A	20 A	30 A
17 AH	0.85 A	2.88 A	0.258×17 4.37 A	10.2 A	17 A	34 A	51 A
26 AH	1.3 A	4.42 A	6.7 A	15.6 A	26 A	52 A	78 A
40 AH	2.0 A	6.8 A	10.33 A	0.6×40 24 A	40 A	80 A	120 A

20 HR 10 HR 5 HR 3 HR 1 HR 0.5 HR (10-15 นาที) (6-10 นาที) (30 นาที)

ข.ตารางแสดงการ DISCHARGE ของแบตเตอรี่ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารหลวงวิเนสที่จัดทำขึ้นเพื่อการค้าเท่านั้น มิใช่เป็นเอกสารที่เผยแพร่โดยอิสระหรือใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



1. DAVID L,HEISER "HOW TO DESIGN AND BUILD YOUR OWN CUSTOM ROBOT"
FEBRUARY 1981
2. ทฤษฎีและการใช้งาน "โทมเมอร์ ไอซี 555" ก้องเกียรติ ณ สีมา,สำนักพิมพ์ อิเล็กทรอนิกส์ เวิลด์
3. การคำนวณวงจรทรานซิสเตอร์,สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์
4. เซมิคอนดักเตอร์ อิเล็กทรอนิกส์. ฉบับพิเศษชุดแหล่งจ่ายไฟสำหรับนักอิเล็กทรอนิกส์,
สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้