สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รถเข็นไฟฟ้าควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์

(ELECTRIC WHEELS CHAIR CONTROLLED BY MICROCONTROLLER)

T 0 3 4 0 5 0

โดย

นาย รุ่ง ปรางรัตน์

นาย วัชระ ทะแพงพันธ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2541

เลขหมู่.................................

เลขทะเบียน 34050

วัน, เดือน, ปี 1 ต.ค. 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ห้ามทำซ้ำหรือดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รถเข็นไฟฟ้าควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์

(ELECTRIC WHEELS CHAIR CONTROLLED BY MICROCONTROLLER)

โดย

นาย รุ่ง ปรางรัตน์ รหัส 39013170

นาย วัชระ ทะแพงพันธ์ รหัส 39013174

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. ชูชาติ คูณทวีเทพ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2541

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง รถเข็นไฟฟ้าควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์

ผู้จัดทำ

1. นาย รุ่ง ปรางรัตน์ รหัส 39013170

2. นาย วัชระ ทะแพงพันธ์ รหัส 39013174

....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.สุชาติ คูณทวีเทพ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รถเข็นไฟฟ้าควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์

(ELECTRIC WHEELS CHAIR CONTROLLED BY MICROCONTROLLER)

นาย รุ่ง ปรางรัตน์ รหัส 39013170

นาย วัชระ ทะแพงพันธ์ รหัส 39013174

โครงงานได้รับการตรวจสอบแล้ว พร้อมที่จะทำการสอบได้

....

(ผศ. สุชาติ คุณเทวีเทพ)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รถเข็นไฟฟ้าควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์

นาย รุ่ง ปรางรัตน์ รหัส 39013170
นาย วัชระ ทะแพงพันธ์ รหัส 39013174
ผศ. สุชาติ ยุณเทวีเทพ (อาจารย์ที่ปรึกษา)
ปีการศึกษา 2541

บทคัดย่อ

โครงงานนี้ ชื่อว่า รถเข็นไฟฟ้าควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ถูกขับเคลื่อนด้วยดีซีมอเตอร์ ขนาด 24 โวลท์ ใช้แหล่งจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ ขนาด 12 โวลท์ ต่ออนุกรมกัน 2 ลูก เพื่อจ่ายไฟให้แก่วงจรทั้งหมด คอยควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของรถเข็นไฟฟ้า โดยการโยกจอยสติกไปในทิศทางที่ต้องการ ส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ประกอบด้วย จอยสติก สำหรับรับคำสั่งจากผู้ใช้ และสามารถแสดงการทำงานของรถเข็น เช่น ตรวจสอบพลังงานแบตเตอรี่ และระยะทางโดยการทำงานสามารถที่จะทำการคำนวนและแสดงระยะเวลาที่จะสามารถเคลื่อนที่ไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRIC WHEELS CHAIR CONTROLLED BY MICROCONTROLER

Mr. Roung Phraugrat

Mr. Watchara Thaphaengphan

Assis.Prof. Suchart Khuntaweetep (Advisor)

Educational Year 1998

Abstract

This project has named "Electric Wheel Chair Controlled by Microcontroller", driven by 24 V dc motor, use two 12 V battery's connecting in series to supply the power for electric circuits.

In part of Microcontroller, it consists of joy stick to control the car by receive the input from user, a display the working status of the electric wheel chair, such as battery meter checker, distance meter by using user weight to figure out.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
สารบัญ	III
สารบัญรูป	IV
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 โครงสร้าง	1
1.2 การทำงาน	1
1.3 การใช้งาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีเบื้องต้น	3
2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ บอร์ดเดี่ยว	3
2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	3
2.3 แบตเตอรี่	4
2.4 ขอยสติก	5
2.5 ออปแอมป์	7
บทที่ 3 การทำงานของวงจรและการออกแบบ	8
3.1 วงจรแรงดันคงที่	8
3.2 วงจรอัดประจุแบตเตอรี่	9
3.3 วงจรขับมอเตอร์	11
3.4 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา	13
3.5 วงจรควบคุมทิศทาง	13
บทที่ 4 โปรแกรมการทำงาน	15
บทที่ 5 การทดลองและผลการทดลอง	17
บทที่ 6 สรุปและวิจารณ์ผลการทดสอบ	21
ภาคผนวก ก	
ภาคผนวก ข	
กิตติกรรมประกาศ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

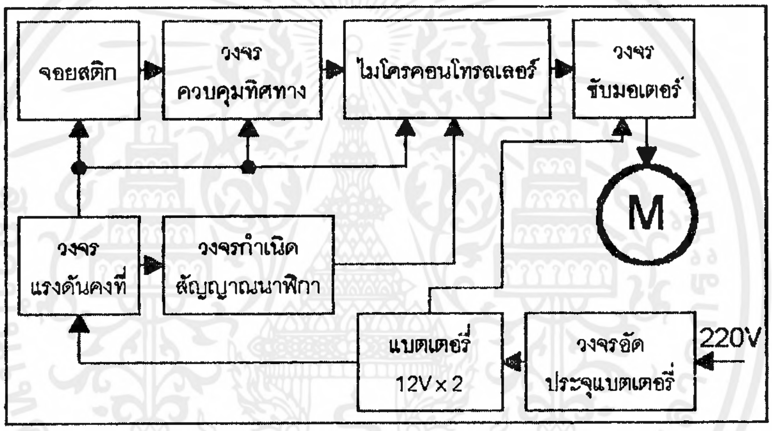
รูปที่ 1.1 แสดง BLOCK DIAGRAM ของตัวรถ 1
รูปที่ 2.2.1 แสดงการติดตั้งดีซีมอเตอร์ 3
รูปที่ 2.3.1 แสดงลักษณะโครงสร้างของแบตเตอรี่ 4
รูปที่ 2.4.1 โครงสร้างของขอยสติก 6
รูปที่ 2.4.2 วงจรภายในของขอยสติก 6
รูปที่ 2.5.1 วงจรขยายออปแอมป์ 7
รูปที่ 3.1.1 วงจรแรงดันคงที่แบบอนุกรม 8
รูปที่ 3.2.1 วงจรอัดประจุแบตเตอรี่ 10
รูปที่ 3.3.1 วงจรขับดีซีมอเตอร์พื้นฐานแบบ 2 ทาง 11
รูปที่ 3.4.1 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา 13
รูปที่ 3.5.1 วงจรควบคุมทิศทาง 14
รูปที่ 4.1 แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม 15
รูปที่ 5.1 สัญญาณที่ Port B บิท 0 และ บิท 2 (เดินหน้า) 17
รูปที่ 5.2 สัญญาณที่ Port B บิท 1 และ บิท 3 (ถอยหลัง) 17
รูปที่ 5.3 สัญญาณที่ Port B บิท 0 และ บิท 2 (เลี้ยวซ้าย) 18
รูปที่ 5.4 สัญญาณที่ Port B บิท 0 และ บิท 2 (เลี้ยวขวา) 18
รูปที่ 5.5 สัญญาณที่คร่อมโหลดของวงจรขับมอเตอร์ด้านซ้าย(เดินหน้า) 19
รูปที่ 5.6 สัญญาณที่คร่อมโหลดของวงจรขับมอเตอร์ด้านซ้าย(ถอยหลัง) 19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ปัจจุบันวงจรอิเล็กทรอนิกส์ถูกนำมาใช้งานในด้านต่างๆ มากมาย ซึ่งโครงงานนี้จะกล่าวถึงการนำเอาวงจรอิเล็กทรอนิกส์มาประยุกต์ใช้กับรถเข็นคนไข้ ซึ่งโดยปกติจะใช้แรงของคนไข้หรือผู้ดูแลมาเป็นตัวกระทำให้รถเข็นเคลื่อนที่ แต่โครงงานนี้การเคลื่อนที่ของรถเข็นจะสามารถควบคุมได้ง่ายโดยตัวผู้ใช้เอง ซึ่งการควบคุมทิศทางการบังคับรถสามารถควบคุมได้โดยการโยกจอยสติกไปในทิศทางที่ต้องการ ซึ่งจะสามารถช่วยอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ใช้ในการใช้งานรถเข็น

1.1 โครงสร้าง



รูปที่ 1.1 แสดง BLOCK DIAGRAM ของตัวรถ

1.2 การทำงาน

- จอยสติก(JOY STRIC) ทำหน้าที่เป็นอินพุท(input)รับคำสั่งจากผู้ใช้
- ไมโครคอนโทรลเลอร์(MICROCONTROLER) เป็นส่วนที่ใช้ในการประมวลผล โดยรับสัญญาณจากอินพุทแล้ว สร้างสัญญาณเอาท์พุท(output)เพื่อใช้ควบคุมความเร็วและทิศทางของตัวรถ
- วงจรขับมอเตอร์(MOTOR DRIVE CIRCUIT) ถูกออกแบบให้เหมาะสมและสามารถที่จะขับตัว ดีซี มอเตอร์ได้ดี
- มอเตอร์(MOTOR) ประกอบด้วยมอเตอร์ที่มีคุณสมบัติเหมือนกัน 2 ตัว ใช้แรงดันที่ 24 V ทำหน้าที่ส่งกำลังผ่านเฟืองและโซ่เพื่อขับเคลื่อนรถเข็นให้เคลื่อนที่ไปในทิศทางที่ต้องการ
- แบตเตอรี่(BATTERY) เพื่อความเหมาะสมจะใช้แบตเตอรี่ขนาด 12 V 2 ตัวต่ออนุกรมกันเพื่อเป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับวงจรทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วงจรอัดประจุแบตเตอรี่(BATTERY CHARGER CIRCUIT) เป็นส่วนของวงจรที่ใช้ในการอัดประจุให้แก่แบตเตอรี่ขณะที่พลังในแบตเตอรี่เริ่มน้อยลงหรือหมด
- วงจรแรงดันคงที่(VOLTAGE REGULATOR CIRCUIT) เป็นส่วนของวงจรที่ใช้รักษาแรงดันไฟให้คงที่ที่จะจ่ายพลังงานให้กับชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ จอยสติก และวงจรควบคุมทิศทาง

1.3 การใช้งาน

ในส่วนของการใช้งานรถเข็นนั้น เริ่มที่ก่อนที่จะขับเคลื่อนรถเข็นเราสามารถที่จะดูได้ว่ารถเข็นสามารถวิ่งได้อีกนานเท่าไรพลังงานในแบตเตอรี่จึงจะหมด(กด KEY 0)

การบังคับทิศทางการเคลื่อนที่ของรถเข็นไฟฟ้าทำได้โดยการโยกจอยสติกไปในทิศทางที่ต้องการ ซึ่งตัวรถเข็นก็จะเคลื่อนที่ไปตามนั้น โดยก่อนที่จะโยกจอยสติกต้องกดปุ่ม A หรือ B ที่จอยสติกค้างไว้ด้วย รถเข็นไฟฟ้าถึงจะทำงาน

การบังคับทิศทางของรถเข็นไฟฟ้านั้นไม่สามารถที่จะให้มอเตอร์กลับทิศอย่างทันทีทันได ตรงนี้จะมีเวลาหน่วงประมาณ 2.5 วินาที

การอัดประจุให้กับแบตเตอรี่สามารถที่จะทำการอัดประจุอย่างเร็ว(Quick Charge) ได้โดยการควบคุมที่ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์(กด KEY 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีเบื้องต้น

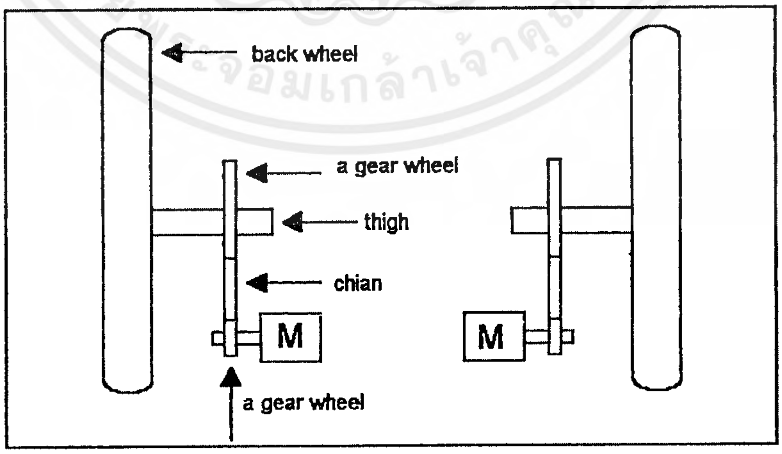
ทฤษฎีเบื้องต้นในบทนี้เป็นส่วนของรายละเอียด ของโครงงานรถเข็นไฟฟ้าควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งมีอยู่หลายอย่างที่ควรรู้ พอที่จะแยกออกเป็นหัวข้อได้ดังนี้

.2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ บอร์ดเดี่ยว(SINGEN BOARD MICROCONTROLER)

ในส่วนนี้จะมีทั้ง ส่วนของอินพุท ส่วนของการประมวลผล และสร้างสัญญาณ ส่วนเอาท์พุทที่ถูกนำไปขับวงจรขับมอเตอร์ ซึ่งการทำงานก็จะมีตัวไมโครโปรเซสเซอร์(microprocessor) ทำหน้าที่เป็นตัวประมวลผลกลางของบอร์ด โดยมีคีย์บอร์ดเป็นส่วนของอินพุท เซเว่นเซกเมนต์(seven segment)เป็นส่วนของเอาท์พุท พร้อมอุปกรณ์ต่อพ่วง โดยในโครงงานนี้เลือกใช้ บอร์ด Z80 มาเป็นเครื่องมือในการพัฒนาโปรแกรมและใช้งาน

2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง(DC MOTOR)

ในการเลือกและติดตั้งดีซีมอเตอร์จัดเป็นส่วนที่ยากส่วนหนึ่งของรถเข็นเนื่องจาก เราจะต้องพิจารณาเรื่องของแรงบิด และ ขนาดของตัวมอเตอร์เอง จากรูป 2.2.1 การออกแบบจะใช้ดีซีมอเตอร์ 2 ตัว เพื่อส่งกำลังไปยังล้อทั้ง 2 ข้างโดยอาศัยการที่ล้อทั้ง 2 หมุนด้วยความเร็วไม่เท่ากันก็จะเป็นการบังคับทิศทางได้ และ ลักษณะการติดตั้งและการยึดมอเตอร์เป็นดังรูปที่ 2.2.1



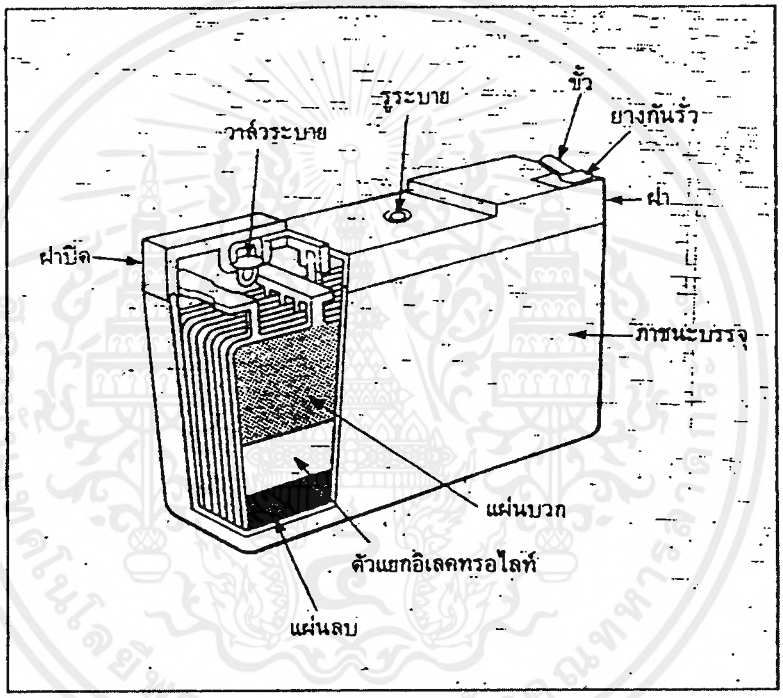
รูปที่ 2.2.1 แสดงการติดตั้งดีซีมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 แบตเตอรี่

โครงงานนี้ได้ใช้แบตเตอรี่ชนิด ซัลเอดลีดแอซอิดแคลเซียม(Sealed Lead Acid Calcium) ขนาด 12 V 7 A 2 ตัว ต่ออนุกรมกันจะได้แรงดันประมาณ 24 V 7 A ซึ่งคุณสมบัติที่ควรคำนึงถึงของแบตเตอรี่คือ การจ่ายกระแส(current)ให้แก่วงจรได้อย่างต่อเนื่องซึ่งระยะเวลาการคายประจุ (Discharge) สามารถดูได้ที่รูปแสดงคุณสมบัติของแบตเตอรี่ที่ภาคผนวก

2.3.1 โครงสร้างแบตเตอรี่



รูปที่ 2.3.1 แสดงลักษณะโครงสร้างของแบตเตอรี่

จากลักษณะโครงสร้างจะเห็นว่า แบตเตอรี่จะประกอบด้วยแผ่นคาโถด(cathode) และแผ่นอาโนด(anode)วางสลับกันจุ่มอยู่ในสารละลายกรดกำมะถันที่ทำหน้าที่เป็นอิเลคทรอไลท์ (electrolyte) โดยลักษณะการวางแผ่นเพลท(plate)จะวางสลับกันไปมาเพื่อที่จะได้มีผิวสัมผัสระหว่างแผ่นอิเลคโทรด(electrode) กับอิเลคทรอไลท์มากที่สุด เพราะยิ่งมีพื้นที่ผิวสัมผัสมากเท่าไรก็จะเกิดปฏิกิริยาเคมีมากเพิ่มขึ้นไปด้วย นอกจากนี้ยังทำให้ความต้านทานภายในเซลล์(cell)มีค่าน้อยลงได้อีกด้วย โดยวิธีที่นิยมใช้กันในปัจจุบันคือใช้แผ่นเพลท บาง ๆ คั่นด้วยฉนวนแบบมีรูพรุน

2.3.2 หลักการทำงาน

ขณะที่เซลล์คายประจุออกมานั้นอะตอม(atom)ของตะกั่วจากแผ่นอิเลคโถดที่เป็นขั้วอาโนดจะแตกตัวเป็นไอออน(ion)ที่มีประจุบวกเข้าไปอยู่ในอิเลคทรอไลท์และทิ้งอิเลคตรอนให้ไหลออกสู่วงจรภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่คาโถด ตะกั่วเปอร์ออกไซด์(lead peroxide) จะแตกตัวเป็นไอออนที่มีประจุบวกและลบสูง ไอออนตัวที่มีประจุบวกสูงจะดึงเอาอิเลคตรอนจากวงจรที่ต่ออยู่ภาขนอกมารวมตัวเพื่อกลาย เป็นอิออนของตะกั่วที่มีประจุบวก ซึ่งจะเห็นว่าเป็นชนิดเดียวกันกับที่อาโนดทำให้เกิดกระแสไหล ออกจากคาโถดออกสู่วงจรภายนอก

ขณะที่ไอออนของตะกั่วจากแผ่นอิเลคโทรดทั้งสองทำปฏิกิริยากับกรดกำมะถันซึ่งเป็นอิเลคทรอไลท์ จะได้ตะกั่วซัลเฟต(lead sulphate) และกาซไฮโดรเจน(hydrogen gas) ออกมา โดยเราสามารถเขียนสมการทางเคมีได้ดังนี้

$$PbO_2+Pb+2H_2SO_4 \leftrightarrow 2PbSO_4+2H_2O \qquad (2.3.2.1)$$

สูตรทางเคมีแสดงให้เห็นว่าสารละลายอิเลคทรอไลท์ จะเจือจางลงโดยโมเลกุลของน้ำที่เกิดขึ้นซึ่งเป็นลักษณะเดียวกับที่เซลล์กายประจุ

ในการประจุไฟกลับเข้าไปใหม่เราสามารถทำได้โดยการป้อนกระแสกลับขั้วเข้าไปในแบตเตอรี่เพื่อบังคับให้เกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้น ในทิศทางกลับกันในตอนแรกดังสมการ (2.3.2.1) ซึ่งแรงดันของแหล่งจ่ายไฟจากภายนอก จะมีค่าอยู่ระหว่าง 1.1 ถึง 1.2 เท่า ของ แรงดันเซลล์โดยปกติ

2.4 จอยสติก(JOY STICK)

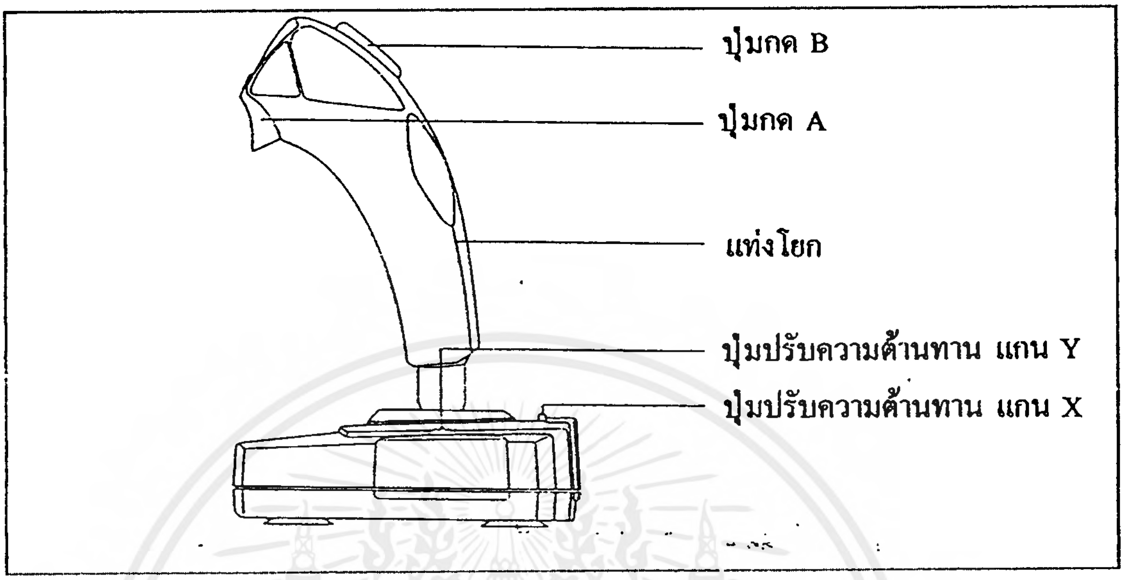
โดยทั่วไปเราคุ้นเคยกับการใช้จอยสติกเป็นส่วนประกอบของเครื่องเล่นเกมส์ชนิดต่างๆ แต่เมื่อพิจารณาลักษณะการทำงานแล้วยังมีอุปกรณ์หรือเครื่องมืออีกหลายอย่างที่ใช้งานในลักษณะเช่นนี้ เช่น คันโยกบังคับเครื่องบิน, คันโยกบังคับรถแทรกเตอร์ เป็นต้น ทำให้เราสนใจที่จะนำจอยสติกมาประยุกต์ใช้งานโดยนำจอยสติกที่มีขายอยู่ในท้องตลาดมาศึกษา

2.4.1 โครงสร้างจอยสติก

โครงสร้างภายนอกของจอยสติกประกอบด้วย

- ปุ่มกด A
- ปุ่มกด B
- แท่งโยก
- ปุ่มเคลื่อนปรับความต้านทานในแนวแกน Y
- ปุ่มเคลื่อนปรับความต้านทานในแนวแกน X

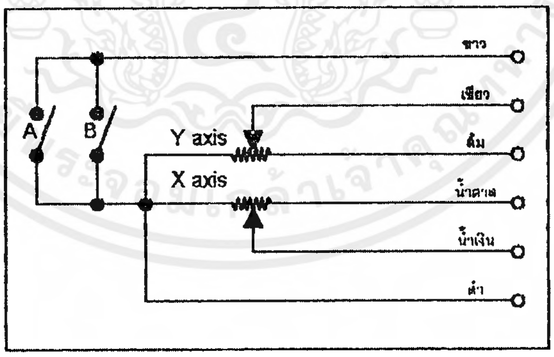
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4.1 โครงสร้างของจอยสติก

2.4.2 วงจรภายในและการทำงานของจอยสติก

ในการใช้งานจอยสติกจะต้องศึกษาถึงวงจรภายในของจอยสติกที่ทำหน้าที่เปลี่ยนการโยกซึ่งเป็นงานทางกลให้เป็นค่าทางไฟฟ้า โดยแสดงวงจรภายในดังรูป 2.4.2



รูปที่ 2.4.2 วงจรภายในของจอยสติก

เมื่อโยกจอยสติกในทิศทางต่างๆ จะทำให้เกิดการเปลี่ยนค่าความต้านทานในแนวแกน Y และในแนวแกน X โดยค่าความต้านทานในแนวแกน Y จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อโยกจอยสติกไปข้างหน้าหรือกลับหลังและค่าความต้านทานในแนวแกน X จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อโยกจอยสติกไปทางขวาหรือซ้าย จุดกึ่งกลางเป็นจุดที่ค่าความต้านทานของแกน Y และแกน X อยู่กึ่งกลาง การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานจะแสดงไว้ในตาราง 2.4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทิศทาง	ค่าความต้านทานแกน Y	ค่าความต้านทานแกน X
ตั้งตรง	44 KΩ	44 KΩ
ไปหน้า	44 KΩ → 4 Ω	44 KΩ
ถอยหลัง	44 KΩ → 95 KΩ	44 KΩ
ซ้าย	44 KΩ	44 KΩ → 4 Ω
ขวา	44 KΩ	44 KΩ → 95 KΩ

ตารางที่ 2.4.1 การเปลี่ยนค่าความต้านทาน

2.5 ออปแอมป์(Operational Amplifier)

วงจรขยายที่ใช้ออปแอมป์ไม่ว่าจะเป็นวงจรขยายแบบกลับเฟสหรือวงจรขยายแบบไม่กลับเฟส จำเป็นจะต้องมีการป้อนกลับแบบลบเสมอ ในวงจรขยายที่ใช้ออปแอมป์จะถือว่าโนดต่อไปนี้มีอิมพีแดนซ์(Impedance)ต่ำมาก จนถือว่าเป็นกราวด์เสมือน(Virtual ground)ได้

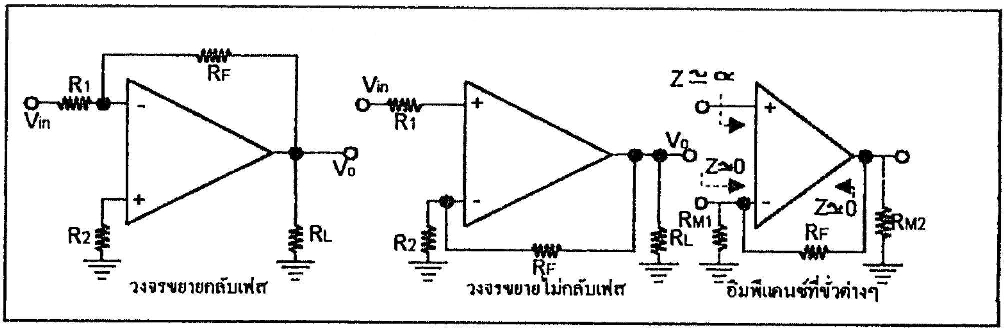
2.5.1 ที่เอาท์พุทของออปแอมป์ เนื่องจากเราถือว่า อิมพีแดนซ์ที่เอาท์พุทมีค่าเป็นศูนย์

2.5.2 ที่ขั้วทางเข้าแบบกลับเฟส(Inverting Input)โดยทฤษฎีของมิลเลอร์ อิมพีแดนซ์ R_F สามารถจะถูกแยกเป็นอิมพีแดนซ์ 2 ตัว คือ R_{M1} และ R_{M2} ในรูปที่ 2.5.1 โดยค่า

$$R_{M1} = \frac{R_F}{1-A_{vm}}$$

โดย A_{vm} คืออัตราขยายขณะที่ไม่มี R_F เป็นอัตราขยายเปิดลูปของออปแอมป์ซึ่งจะมีค่าสูงมาก A_{vm}

2.5.3 ที่ขั้วทางเข้าแบบไม่กลับเฟสเราถือว่ามีอิมพีแดนซ์สูงมาก



รูปที่ 2.5.1 วงจรขยายออปแอมป์

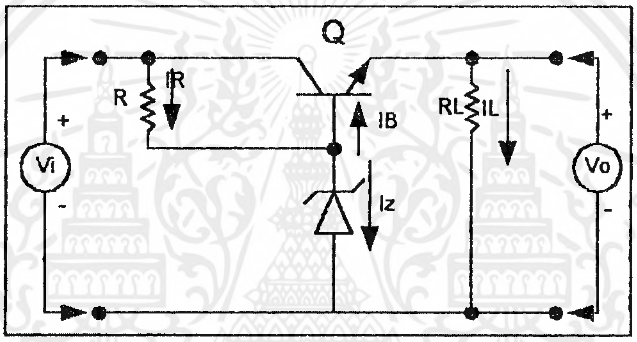
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การทำงานของวงจรและการออกแบบ

3.1 วงจรแรงดันคงที่

ในโครงงานนี้เลือกใช้วงจรแรงดันคงที่แบบอนุกรม(serial) คือ ตัวของทรานซิสเตอร์ (transistor) ต่ออนุกรมอยู่กับอินพุท และ เอาท์พุท โดยมีซีเนอร์ไดโอด(zener diode) เป็นตัวรักษาระดับแรงดันอ้างอิง ดังรูป 3.1



รูปที่ 3.1.1 วงจรแรงดันคงที่แบบอนุกรม

ลักษณะการทำงานของวงจรพิจารณาแรงดัน เอาท์พุท ลดลง แรงดันระหว่างเบส(base)กับอิมิตเตอร์(emitter)จะเพิ่มขึ้น ทำให้ทรานซิสเตอร์นำกระแสเพิ่มขึ้น ทำให้แรงดันเอาท์พุท เพิ่มขึ้นด้วย และในทางกลับกัน แรงดันเอาท์พุท เพิ่มขึ้น แรงดันที่เบสกับอิมิตเตอร์เริ่มลดลง ขณะเดียวกันทรานซิสเตอร์ก็จะนำกระแสน้อยลงด้วย ทำให้แรงดันเอาท์พุทก็จะเริ่มลดลงอีกครั้ง ซึ่งวงจรก็จะสามารถรักษาระดับแรงดันเอาท์พุท ให้คงที่ไว้ได้

การคำนวณ

กำหนด Spec.; $V_O = 5$ V, $I_L = 200$ mA, $V_I = 276$ V, B = 20; TR2N3055

$V_O = V_Z - V_{BE}$ (3.11)

$V_Z = V_O + V_{BE} = 5.0 + 0.7 = 5.7$ V

เลือกซื้อซีเนอร์ไดโอดได้ 5.6 V ดังนั้นเลือก $V_Z = 5.6$ V,1 W

$I_{Zmax} = P_Z/V_Z = 1/5.6 = 178.5$ mA

$V_O = V_Z - V_{BE} = 5.6 - 0.7 = 4.9$ V

$I_B = I_E/(B+1) = 200/21 = 9.5$ mA; $I_E = I_L$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$I_R = I_B + I_{Zmax} = 188$ mA

$R = (V_T - V_Z)/I_R = (27.6-5.6)/188mA = 117$ ohm ; เลือก R = 220 ohm

$I_R = (V_T - V_Z)/R = 100$ mA

$I_Z = I_R - I_B = 90.5$ mA

$P_R = I_R^2 * R = 2.2$ W

$P_Z = I_Z * V_Z = 0.5$ W

ดังนั้นเลือกใช้

R = 220 ohm

$Z_D = 5.6$ V, 1 W

TR2N3055

3.2 วงจรอัดประจุแบตเตอรี่

แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลท์ 2 ลูกต่ออนุกรมกันเราจะมองการอัดประจุออกเป็น 3 ช่วง โดยในช่วงแรกจะเป็นช่วงของการอัดประจุขณะที่แบตเตอรี่ถูกใช้งานจนหมดกระแสของการอัดประจุจะค่อนข้างน้อย และ ทันทีที่แรงดันแบตเตอรี่เพิ่มเป็น 20 โวลท์ กระแสของการอัดประจุก็จะเพิ่มสูงขึ้น และ จนกระทั่งแรงดันเพิ่มสูงขึ้นถึง 27.6 โวลท์ กระแสของการอัดประจุก็จะลดลงเนื่องเพราะตัว แบตเตอรี่เต็มแล้ว

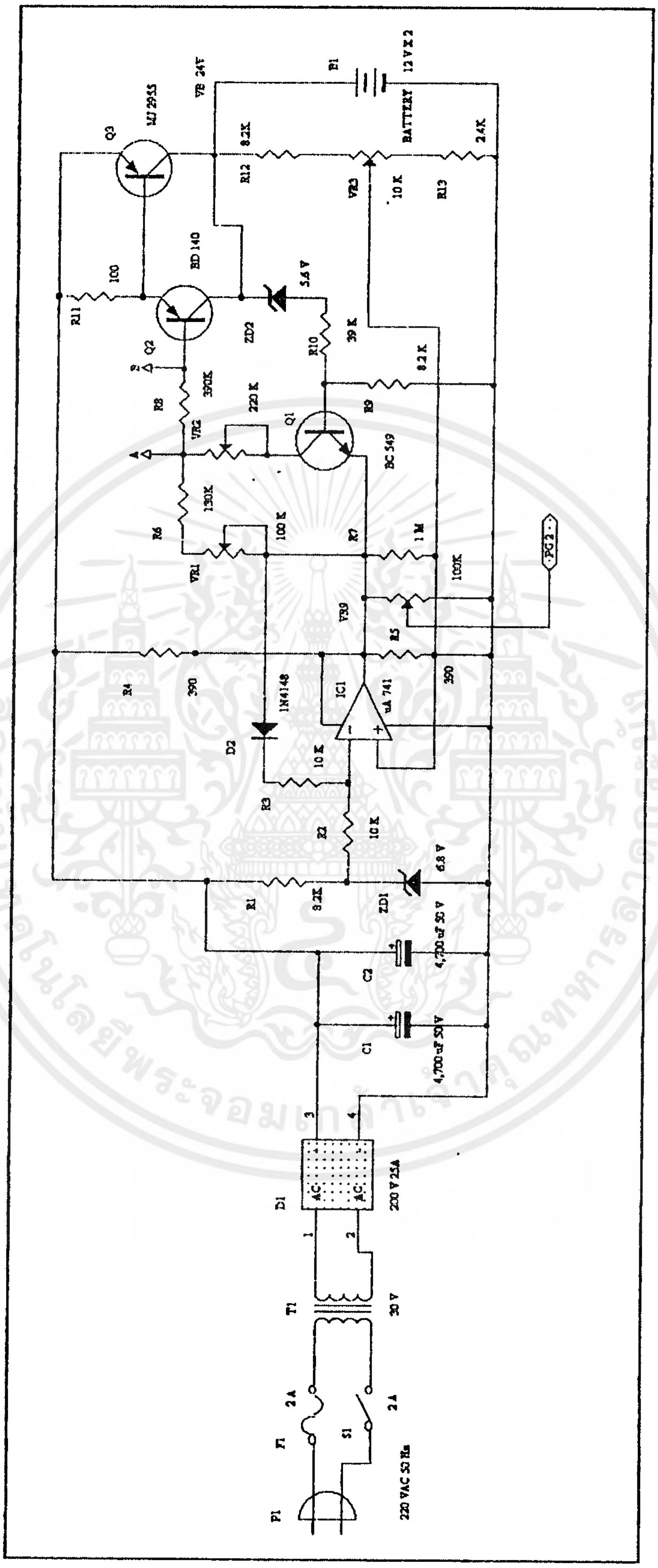
จากวงจรในรูปที่ 3.2.1 เริ่มพิจารณาที่ IC_1 ที่ขา 2 ได้รับแรงดัน 6.8 โวลท์ จาก Z_{D1} ซึ่งเป็นซีเนอร์ไดโอด 6.8 โวลท์

ดูอีกด้านที่จุดต่อแบตเตอรี่ ขณะแรงดันแบตเตอรี่อยู่ในช่วง 0 ถึง 20 โวลท์ แรงดันจาก VR_3 มาเข้าที่ ขา 3 ของ IC_1 จะมีค่าน้อยกว่าแรงดันที่ขา 2 เสมอ ทำให้แรงดันเอาท์พุท ของ IC_1 ที่ขา 6 เป็น 0 โวลท์ ซึ่งจะทำให้กระแสไหลผ่าน Z_{D2} มีค่าน้อยจึงทำให้ Q_1 ไม่ทำงาน ทำให้ได้กระแสเบสของ Q_2 และ Q_3 จึงเกิดกระแสคอลเลคเตอร์(collector)ของ Q_3 ขึ้นและถูกนำไปอัดประจุแบตเตอรี่

เมื่อแรงดันของแบตเตอรี่ขึ้นถึง 20 โวลท์ ทำให้ Q_1 ทำงาน ซึ่งจะมีกระแสเบสจาก Q_2 ไหลผ่าน V_{R2} และ Q_1 อีกทางทำให้ได้กระแสไปอัดแบตเตอรี่เพิ่มมากขึ้นด้วย

เมื่อแรงดันที่จุดต่อแบตเตอรี่เพิ่มขึ้นเป็น 27.6 โวลท์ แรงดันที่เอาท์พุท ของ IC_1 จะถูกยกขึ้นจาก 0 โวลท์ ทำให้ Q_1 ไม่ทำงาน ทำให้กระแสจาก V_{R2} หายไปเหลือแต่กระแสที่ผ่าน V_{R1} ซึ่งก็จะลดลงไปจากเดิมเพราะที่ขา 6 ของ IC_1 มีแรงดันสูงขึ้น และสูงขึ้นเรื่อยๆจน ทำให้กระแสที่อัดแบตเตอรี่ลดลงจนกระทั่งไม่มีกระแสเลย ซึ่งก็คือการอัดแบตเตอรี่เสร็จสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

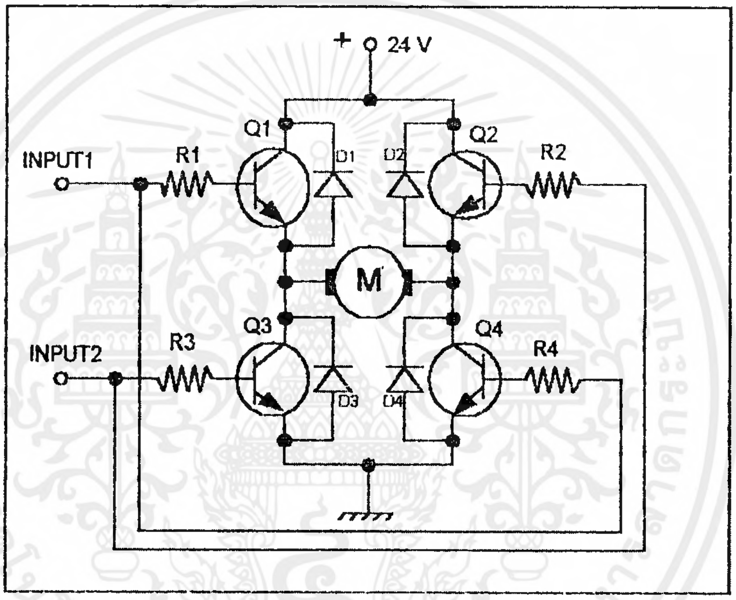


รูปที่ 3.2.1 วงจรอัดประจุแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วงจรขับมอเตอร์

วงจรขับมอเตอร์พื้นฐานแสดงได้ดังรูป 3.3.1 ซึ่งในขณะใด ขณะหนึ่งเราจะกำหนดให้มีทรานซิสเตอร์เพียง 2 ตัวเท่านั้นที่จะสามารถนำกระแสได้ คือ Q_1 กับ Q_4 และ Q_2 กับ Q_3 ซึ่งการกำหนดให้ทรานซิสเตอร์นำกระแสเป็นคู่นี้จะทำให้เราสามารถบังคับทิศทางกระแสที่ป้อนให้กับตัวมอเตอร์ได้ ซึ่งก็คือการบังคับทิศทางการหมุนของมอเตอร์นั่นเอง



รูปที่ 3.3.1 วงจรขับดีซีมอเตอร์พื้นฐานแบบ 2 ทาง

จากวงจรรูปที่ 3.4.1 ยังมีอีกส่วนที่สำคัญมากคือการให้ความสำคัญกับการป้องกันแรงดันไฟย้อนกลับที่เกิดจากการหมุนของมอเตอร์ขณะที่เราเข็นรถไฟฟ้า ซึ่งกรณีนี้มอเตอร์จะเป็นเสมือนกับเจนเนอร์เรเตอร์ที่จะให้กระแสออกมาซึ่งจะมีค่าสูงมากน้อยอยู่ที่ความเร็วในการเข็นรถ ซึ่งเราสามารถป้องกันได้โดย ใช้รอยต่อ พี-เอ็น ของไดโอด เป็นตัวป้องกัน ซึ่งในโครงงานนี้ใช้เบอร์ 1N4007 สามารถป้องแรงดันย้อนกลับจากตัวมอเตอร์ได้มากถึง 100 โวลท์

จากวงจรรูปที่ 3.4.1 ซึ่งเป็นวงจรขับดีซีมอเตอร์พื้นฐานเรานำมาเป็นต้นแบบในการออกแบบวงจรขับดีซีมอเตอร์ในโครงงานนี้ ซึ่งจะได้เป็นวงจร ดังรูป 3.4.2 และ 3.4.3 ซึ่งเป็นวงจรขับมอเตอร์ทางด้านซ้ายและทางด้านขวาตามลำดับ

สามารถแสดงการทำงานโดยการยกวงจรรูปที่ 3.4.2 มาประกอบได้ดังนี้ เมื่อเราป้อนสัญญาณอินพุทให้กับ OPTO1 (4N35) ก็จะทำให้มีกระแสไหลจาก Vcc ผ่าน R_{24} ทำให้เกิดแรงดัน

เอกสารนี้ได้รับการคุ้มครองตามกฎหมายลิขสิทธิ์ ห้ามมิให้ผู้ใดทำซ้ำ ดัดแปลง หรือเผยแพร่ต่อสาธารณชน ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตกคร่อม R_{21} ไบอัสให้กับ Q_5 ซึ่งเมื่อ Q_5 ON ซึ่งก็จะทำให้ Q_6 ON ด้วย โดยมี D_3 และ D_4 จำกัดแรงดัน V_{BE} ของ Q_6 ให้มีขนาดไม่เกิน 1.4 โวลท์ เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับ Q_6 ในขณะที่นำกระแสมากๆ และในขณะเดียวกันเมื่อ Q_5 ON ก็จะมีกระแสส่วนหนึ่งจากขา อิมิตเตอร์ของตัว Q_5 ไป ไบอัสที่ขาเบสของ Q_9 ซึ่งก็จะทำให้ Q_9 ON แรงดันไฟจาก Vcc ผ่าน Q_6 ผ่าน M_Lและ Q_9 ซึ่งมอเตอร์ก็จะเริ่มหมุนได้นั่นเอง

และในทางกลับกันเมื่อมีสัญญาณอินพุทให้กับ OPTO2 การทำงานก็จะเป็นในลักษณะเดียวกับที่เกิดขึ้นกับด้านของ OPTO1 ซึ่งก็คือ Q_{10} ON ก็จะทำให้ Q_8 และ Q_7 ON ด้วย โดยมี D_{11} และ D_{14} ทำหน้าที่แทน D_3 และ D_4 ตามลำดับ

การคำนวณในส่วนนี้เราเริ่มต้นที่การออกแบบให้วงจรสามารถ ขับกระแสได้ 20 แอมป์ เพื่อที่จะจ่ายให้แก่มอเตอร์ ดังนั้นเลือกใช้ทรานซิสเตอร์ TIP 36C และ TIP 35C ที่มี IC_{max} = 25 แอมป์ $\beta = 25$ min และ TCP 41C มีค่า $IC_{max} = 15$ แอมป์ $\beta = 20$ min แล้วจะได้

$I_{C6} = I_{C7} = \beta_6 * I_{B6}$; $I_{B6} = I_{C6}/\beta_6 = 20/25 = 0.8$ A

$I_{B6} = I_{C5} = I_{B5} * \beta_5$; $I_{B5} = I_{B6}/\beta_5 = 0.8/20 = 40$ mA

$I_{E5} = (\beta_5 + 1) * I_{B5} = 0.84$ A

$V_B = V_{BE5} + V_{BE6} + R_{23} I_{E5}$

$= 1.4 + 10(0.84) = 9.8$ V

เมื่อเลือก $R_{21} = 3.3\ K\Omega$

จะได้

$I_{R21} = V_B/R_{21} = 9.8/3.3K = 2.969$ mA

$I_{R24} = I_{B5} + I_{R21} = 42.969$ mA

$R_{24} = (V_{CC} - V_B)/I_{R24} = 330.47\ \Omega$

และจาก

$I_{max} = 20$ A ; จะได้

$V_{CC} - V_{BE6} - V_{BE9} - I_{B6}R_{22} - I_{B9}R_{23} = 0 \Big|_{IB6=IB9}$

$R_{22} = R_{23} = (V_{CC} - 2V_{BE})/2I_{B6} = 14\ \Omega$;ที่$V_{BE} = 0.8$

ดังนั้นเลือก

$R_{21} = 3.3\ K\Omega$

$R_{22} = R_{23} = 10\ \Omega$

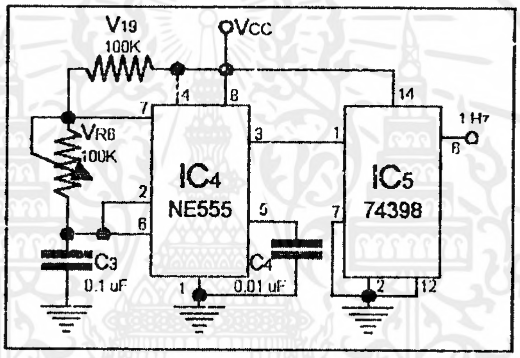
$R_{24} = 330\ \Omega$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา

ในการใช้งานรถเข็นไฟฟ้าจุดเด่นของโครงงานนี้อยู่ที่ว่า เราจะรู้ว่าจะสามารถทราบความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและพลังงานที่เหลืออยู่ในแบตเตอรี่ ทำให้ผู้ใช้ทราบว่าเมื่อไรต้องอัดประจุแบตเตอรี่ใหม่ ซึ่งการทำงานตรงส่วนนี้ต้องอาศัยสัญญาณนาฬิกาเป็นตัวอ้างอิง กล่าวคือตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะได้รับค่าคงที่ค่าหนึ่ง ซึ่งได้จากการทดลองค่าคงที่ตัวนี้จะถูกหักลบลงเรื่อยๆ ในขณะที่รถเข็นเคลื่อนที่เท่านั้น ซึ่งค่าคงที่ดังกล่าวก็คือค่าเวลาในการใช้งานรถเข็นนั้นเองมีหน่วยวัดเป็นวินาที ซึ่งก็ต้องอาศัยวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกเป็นตัวอ้างอิงนั้นเอง

3.4.1 การทำงานของวงจร



รูปที่3.4.1 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา

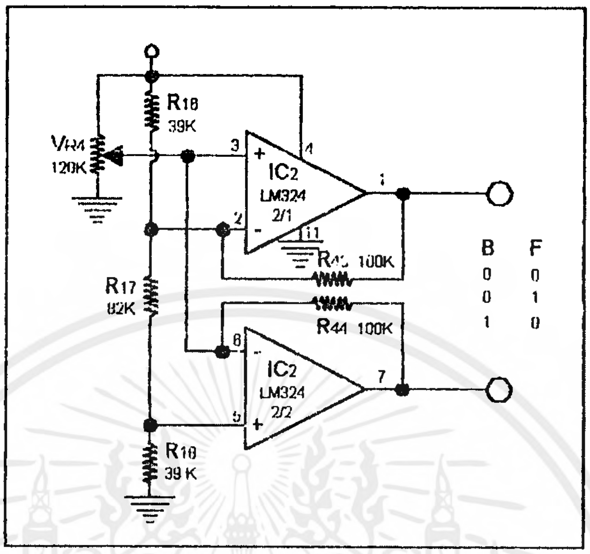
จากวงจรรูปที่ 3.4.1 IC_4 (NE555) ,R_{19} ,V_{R6} และ C_3 ประกอบกันเป็นวงจรอะสเตเบิ้ลมัลติไวเบรเตอร์(Astable Multivibrater) กำเนิดสัญญาณนาฬิกาความถี่ 16 Hz ผ่าน IC_5(74398) ซึ่งทำหน้าที่หาร 16 ก็จะได้สัญญาณนาฬิกา 1 Hz

3.5 วงจรควบคุมทิศทาง

เพื่อให้รถเข็นไฟฟ้ามีความเหมาะสมในการใช้งาน จึงเลือกใช้จอยสติกเพื่อควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของรถเข็นไฟฟ้า โดยการโยกจอยสติกไปในทิศทางที่ต้องการ ซึ่งตัวรถเข็นก็จะเคลื่อนที่ไปตามนั้น จากหัวข้อ 2.4 เราทราบว่าจอยสติกทำงานโดยการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน ดังนั้นเพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถเข้าใจการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว จึงต้องแปลงการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนั้นให้เป็นสัญญาณดิจิตอล(Digital) โดยผ่านวงจรควบคุมทิศทางดังรูป 3.5.1

3.5.1 การทำงานของวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



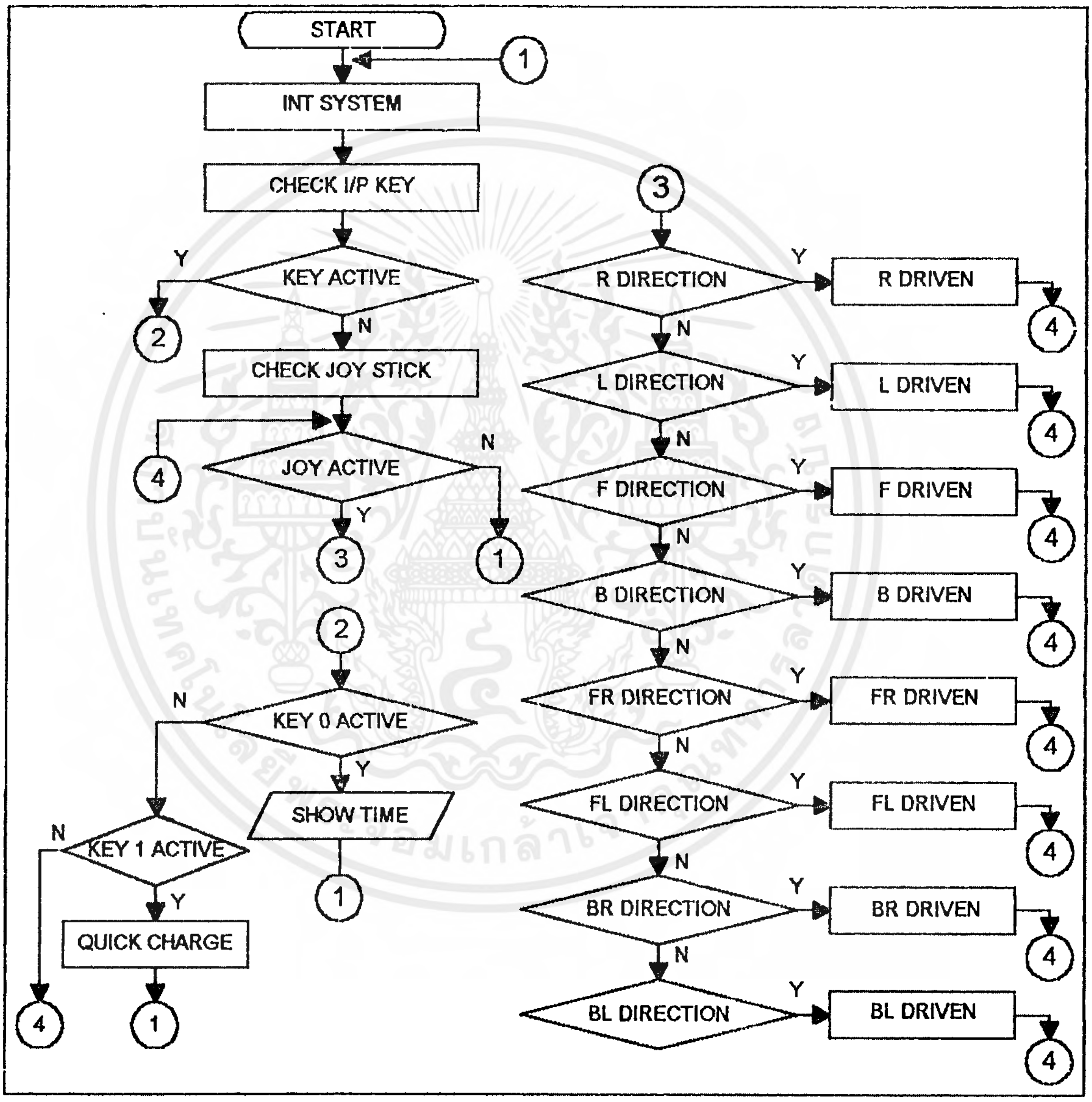
รูปที่ 3.5.1 วงจรควบคุมทิศทาง

พิจารณาขณะที่ยังไม่ได้เริ่มโยก จอยสติกจะอยู่ในตำแหน่งกึ่งกลางเอาท์พุทของออปแอมป์จะอยู่สถานะ 00 แต่เมื่อโยกจอยสติกในทิศทางเดินหน้า สถานะของเอาท์พุทออปแอมป์จะเปลี่ยนเป็น 01 และ ขณะโยกไปในทิศทางถอยหลังเอาท์พุทออปแอมป์จะเปลี่ยนเป็น 10 ซึ่งจะสังเกตเห็นว่าจะไม่เกิดสถานะที่เอาท์พุทของออปแอมป์เป็น 11 ดังรูปที่ 3.5.1

การพิจารณาในส่วนเลี้ยวซ้ายและขวาก็เป็นไปในลักษณะเดียวกัน ส่วนการใช้งานจริงสัญญาณที่ได้จะถูกนำมาผ่านนอตเกต(Not gate) เพื่อให้ทำงานที่ลอจิก 0 (Active 0) และเป็นกันชนด้วย (Buffer) วงจรสมบูรณ์ดูได้ในภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
โปรแกรมควบคุมการทำงาน



รูปที่ 4.1 แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของโปรแกรม แบ่งเป็น 2 ส่วนหลักคือ ในส่วนของการอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้งาน และในส่วนของการควบคุมทิศทางในส่วนของการอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้งาน จะมีบริการพิเศษอยู่ 2 อย่างคือ ความสามารถในการแสดงเวลาที่เหลืออยู่ที่ รถเข็นไฟฟ้าจะสามารถเคลื่อนที่ไปได้ในส่วนนี้ใช้เทคนิคของเวลาคงที่ (Time constant) โดยโปรแกรมจะได้รับค่าคงที่ค่าหนึ่ง ขณะประจุแบตเตอรี่เต็มและเมื่อเวลาใดๆที่รถเข็นไฟฟ้าเคลื่อนที่ ค่าคงที่นี้จะถูกลบลงไปทุกๆ 1 วินาที โดยอาศัยสัญญาณนาฬิกาจากวงจรอะสเตเบิ้ลมัลติไวเบรเตอร์ และทุกครั้งที่ผู้ใช้ต้องการทราบเวลาดังกล่าวก็สามารถดูได้โดยการ Key 0

อีกส่วนของการอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้รถเข็นก็คือ ความสามารถในการอัดประจุแบบเร็ว ซึ่งสามารถใช้ได้ในขณะทำการอัดประจุแบตเตอรี่ โดยการกด Key 1และเมื่อประจุแบตเตอรี่เต็มจะโหลดค่า เวลาคงที่ ให้แก่ส่วนของ Show Time (แสดงเวลา)

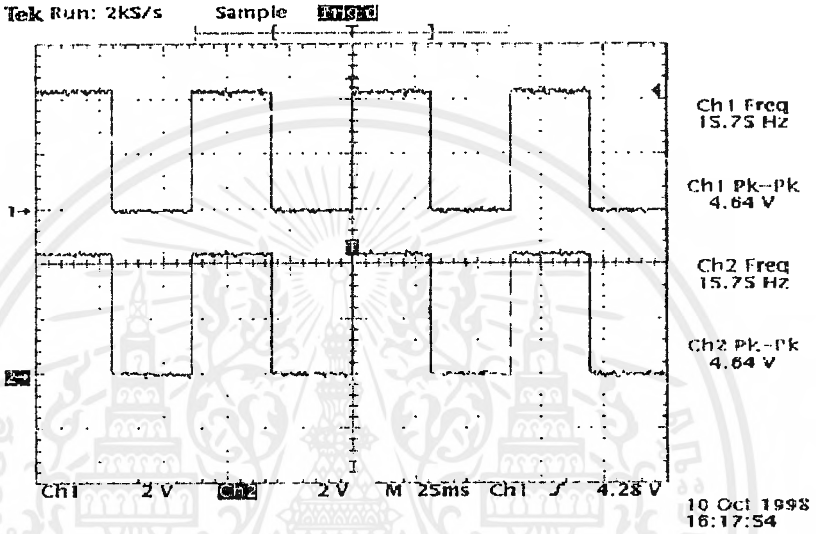
การควบคุมทิศทางถูกกำหนดให้มีความสามารถควบคุมทิศทางได้ คือ เลี้ยวขวา, เลี้ยวซ้าย เดินหน้า , ถอยหลัง , เดินหน้าเลี้ยวขวา , เดินหน้า เลี้ยวซ้าย , ถอยหลังเลี้ยวขวา , ถอยหลังเลี้ยวซ้าย โดยทุกส่วนของการขับ ควบคุมทิศทางจะทำการป้องการกลับทิศของ ดีซี มอเตอร์ ไว้ทุกส่วนโดยการหยุดรถและหน่วงเวลาออกไปประมาณ 2.5 วินาที ส่วนโปรแกรมขับและควบคุมทิศทางมีส่วนที่หน้าสนใจ คือ การแก้ปัญหาการกระชากของกระแสขณะเริ่มไดร์ ดีซี มอเตอร์ ซึ่งทำให้เกิดการกระตุกขณะเริ่มเดินรถ โดยโปรแกรมจะใช้ความสามารถของวงจรควบคุมการกระชากของกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

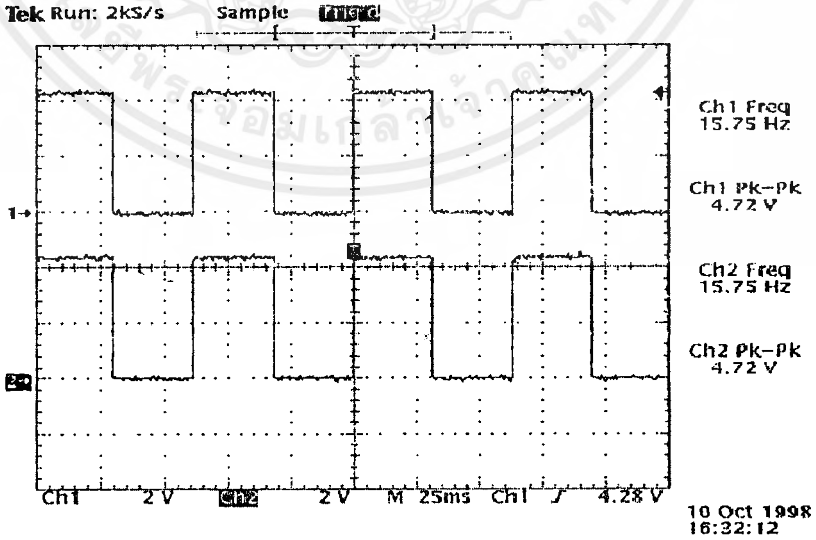
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บทที่ 5

การทดลอง และ ผลการทดลอง



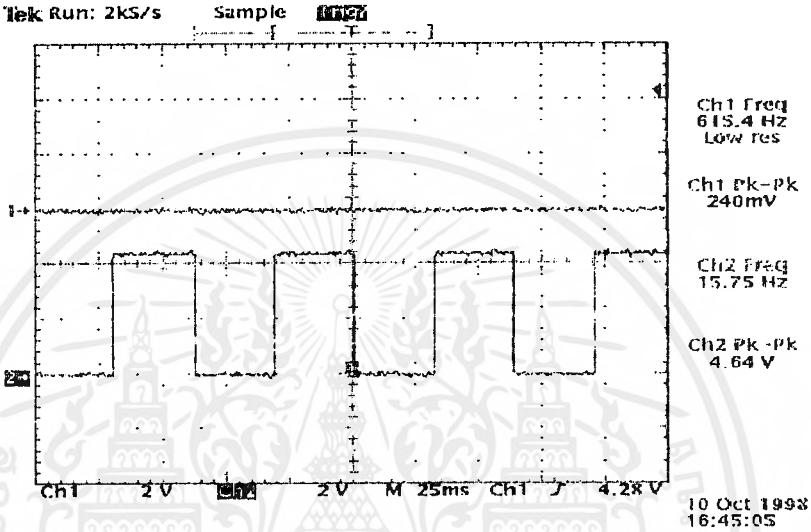
รูปที่ 5.1 สัญญาณที่ Port B บิท 0 และ บิท 2 (เดินหน้า)



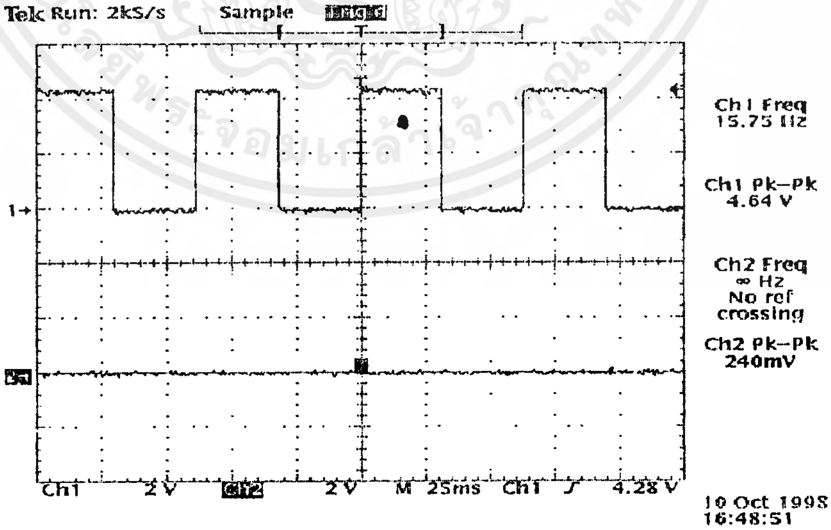
รูปที่ 5.2 สัญญาณที่ Port B บิท 1 และ บิท 3 (ถอยหลัง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

34050

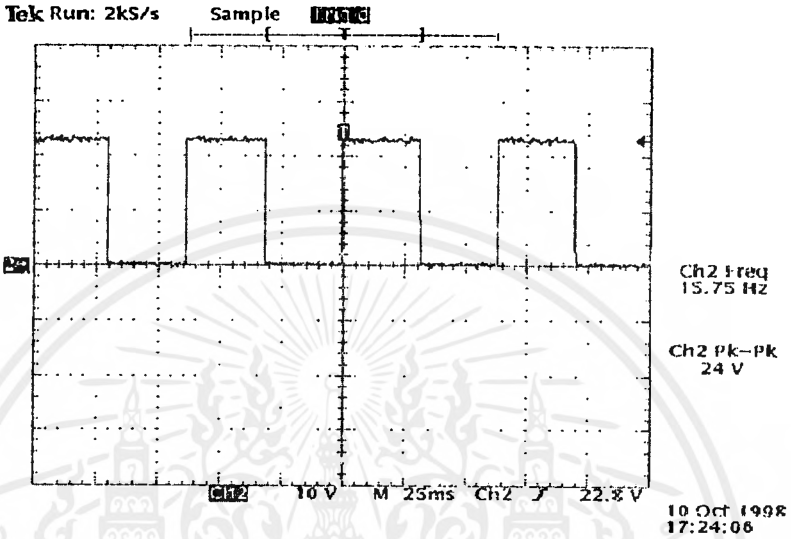


รูปที่ 5.3 สัญญาณที่ Port B บิท 0 และ บิท 2 (เลี้ยวซ้าย)

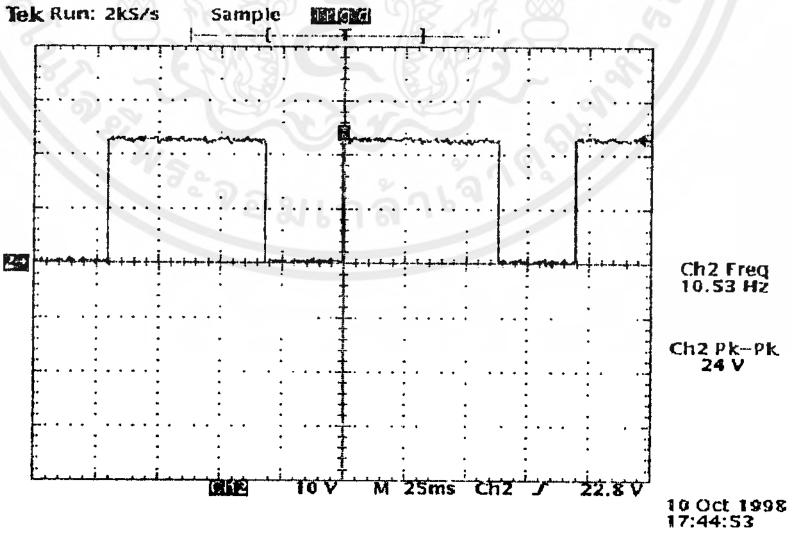


รูปที่ 5.4 สัญญาณที่ Port B บิท 0 และ บิท 2 (เลี้ยวขวา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.5 สัญญาณที่คร่อมโหลดของวงจรขับมอเตอร์ด้านซ้าย(เดินหน้า)



รูปที่ 5.6 สัญญาณที่คร่อมโหลดของวงจรขับมอเตอร์ด้านซ้าย(เดินหน้าเลี้ยวซ้าย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั่วโมงที่	Normal Charge						Quick Charge					
	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3	
	โวลท์	แอมป์	โวลท์	แอมป์	โวลท์	แอมป์	โวลท์	แอมป์	โวลท์	แอมป์	โวลท์	แอมป์
1	24.7	1.17	24.7	0.98	24.6	1.35	25.3	2.15	24.9	2.26	25.2	2.07
2	24.7	0.94	24.9	0.92	24.8	0.93	25.6	1.28	25.1	1.59	25.4	1.34
3	24.9	0.90	24.9	0.89	24.9	0.91	25.7	1.11	25.3	1.22	25.6	1.26
4	24.9	0.87	24.9	0.86	24.9	0.85	25.7	1.06	25.7	1.13	25.7	1.19
5	24.9	0.83	24.9	0.83	24.9	0.83	25.7	1.03	25.7	1.01	25.7	1.11
6	24.9	0.79	24.9	0.79	24.9	0.78	25.7	0.96	25.7	0.94	25.7	0.97
7	24.9	0.75	24.9	0.76	24.9	0.75	25.7	0.93	25.7	0.89	25.7	0.92
8	25.1	0.73	24.9	0.72	24.9	0.72	26.0	0.82	26.0	0.78	25.7	0.85
9	25.1	0.70	25.1	0.71	24.9	0.71	27.1	0.63	27.2	0.71	25.8	0.69
10	25.2	0.65	25.1	0.67	24.9	0.68	27.3	0.43	27.4	0.53	26.3	0.51
11	25.4	0.61	25.1	0.65	25.1	0.63						
12	25.9	0.51	25.3	0.61	25.3	0.58						
13	26.3	0.44	25.8	0.58	25.4	0.54						
14	26.8	0.31	26.1	0.42	25.6	0.42						
15	27.2	0.27	26.5	0.38	25.7	0.33						

ตารางที่ 5.1 ความสัมพันธ์ของแรงดันและกระแสที่ใช้อัดประจุแบตเตอรี่

ชั่วโมงที่	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3	
	โวลท์	แอมป์	โวลท์	แอมป์	โวลท์	แอมป์
1	24.4	2.18	24.2	2.21	24.1	2.19
2	24.0	2.18	24.0	2.18	24	2.18
3	23.9	3.12	23.7	3.15	23.7	3.19

ตารางที่ 5.2 ความสัมพันธ์ของแรงดันและกระแสที่ใช้ในการใช้งานรถเข็นไฟฟ้า(load 60 kg)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทำงานทั้งส่วนของ Software และ Hardware สามารถที่จะทำงานได้ในระดับที่น่าพอใจ การออกแบบและการสร้าง ส่วนของวงจรอัดประจุแบตเตอรี่เป็นส่วนที่ต้องแก้ปัญหามากเพราะต้องควบคุมกระแสให้ได้ตามต้องการ อีกส่วนคือการแก้ปัญหาการกระตุกของตัวรถขณะเริ่มเดิน การแก้ปัญหาก็คือความพยายามที่จะลดกระแสกระชากขณะสตาร์ทของดีซีมอเตอร์ ในโครงงานนี้นำคุณสมบัติการควบคุมกระแสของมอสเฟตโดยนำแรงดันมาใช้ ผลการทดลองที่ได้ดังในบทที่ 5 ก็จะเห็นว่าวงจรทั้ง สองส่วนทำงานได้ดีระดับหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

Source code ของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0000                        CPU"Z80.TBL"
0000                        HOF"INT8"
2000                        ORG    2000H

2000 3E89                   LD A,89H
2002 D323                   OUT (23H),A
2004 110000                 LD DE,0000H

2007 2A0036   LOOP:         LD HL,(3600H)
200A AF                     XOR A
200B D320                   OUT (20H),A
200D D321                   OUT (21H),A
200F CD2028                 CALL CHKEY
2012 CD7028                 CALL CHKJOY
2015 3E01                   LD A,01H
2017 B8                     CP B
2018 CA4020                 JP Z,DIRECTION
201B C30720                 JP LOOP

2040          ORG           2040H
2040 DB22     DIRECTION:    IN A,(22H)
2042 E6F0                   AND 0F0H
2044 FEE0                   CP 0E0H
2046 CA9020                 JP Z,RDIRECTION
2049 FED0                   CP 0D0H
204B CA3021                 JP Z,LDIRECTION
204E FEB0                   CP 0B0H
2050 CAD021                 JP Z,FDIRECTION
2053 FE70                   CP 70H
2055 CA7022                 JP Z,BDIRECTION
2058 FEA0                   CP 0A0H
205A CA1023                 JP Z,FRDIRECTION
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
205D FE90                    CP 90H
205F CAB023                  JP Z,FLDIRECTION
2062 FE60                    CP 60H
2064 CA5024                  JP Z,BRDIRECTION
2067 FE50                    CP 50H
2069 CAF024                  JP Z,BLDIRECTION
206C C30720                  JP LOOP


2090           ORG           2090H
2090 3E01    RDIRECTION:     LD A,01H
2092 BB                      CP E
2093 2019                    JR NZ,RDIRECTION0
2095 CDF025                  CALL DELAY1
2098 CDF025                  CALL DELAY1
209B CDF025                  CALL DELAY1
209E CDF025                  CALL DELAY1
20A1 CDF025                  CALL DELAY1
20A4 CDF025                  CALL DELAY1
20A7 CDF025                  CALL DELAY1
20AA CDF025                  CALL DELAY1
20AD 1D                      DEC E
20AE BA      RDIRECTION0:    CP D
20AF 2801                    JR Z,RDIRECTION1
20B1 14                      INC D
20B2 3E10    RDIRECTION1:    LD A,10H
20B4 D320                    OUT (20H),A
20B6 3E01                    LD A,01H
20B8 D321                    OUT (21H),A
20BA CD4026                  CALL DELAY2
20BD 3E00                    LD A,00H
20BF D321                    OUT (21H),A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
20C1 CD9026                      CALL DELAY3
20C4 3E20                        LD A,20H
20C6 D320                        OUT (20H),A
20C8 3E01                        LD A,01H
20CA D321                        OUT (21H),A
20CC CD4026                      CALL DELAY2
20CF 3E00                        LD A,00H
20D1 D321                        OUT (21H),A
20D3 CD9026                      CALL DELAY3
20D6 3E40                        LD A,40H
20D8 D320                        OUT (20H),A
20DA 3E01                        LD A,01H
20DC D321                        OUT (21H),A
20DE CDE026                      CALL DELAY4
20E1 3E80        RDIRECTION2:    LD A,80H
20E3 D320                        OUT (20H),A
20E5 3E01                        LD A,01H
20E7 D321                        OUT (21),A
20E9 CD3027                      CALL DELAY5
20EC 3E00                        LD A,00H
20EE D321                        OUT (21H),A
20F0 CD8027                      CALL DELAY6
20F3 CD7028                      CALL CHKJOY
20F6 3E01                        LD A,01H
20F8 B8                          CP B
20F9 C20720                      JP NZ,LOOP
20FC DB22                        IN A,(22H)
20FE E6F0                        AND 0F0H
2100 FEE0                        CP 0E0H
2102 C20720                      JP NZ,LOOP
2105 18DA                        JR RDIRECTION2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
2130                ORG            2130H
2130 3E01    LDIRECTION:    LD A,01H
2132 BB                     CP E
2133 2019                   JR NZ,LDIRECTION0
2135 CDF025                 CALL DELAY1
2138 CDF025                 CALL DELAY1
213B CDF025                 CALL DELAY1
213E CDF025                 CALL DELAY1
2141 CDF025                 CALL DELAY1
2144 CDF025                 CALL DELAY1
2147 CDF025                 CALL DELAY1
214A CDF025                 CALL DELAY1
214D 1D                     DEC E
214E BA      LDIRECTION0:   CP D
214F 2801                   JR Z,LDIRECTION1
2151 14                     INC D
2152 3E01    LDIRECTION1:   LD A,01H
2154 D320                   OUT (20H),A
2156 3E04                   LD A,04H
2158 D321                   OUT (21H),A
215A CD4026                 CALL DELAY2
215D 3E00                   LD A,00H
215F D321                   OUT (21H),A
2161 CD9026                 CALL DELAY3
2164 3E02                   LD A,02H
2166 D320                   OUT (20H),A
2168 3E04                   LD A,04H
216A D321                   OUT (21H),A
216C CD4026                 CALL DELAY2
216F 3E00                   LD A,00H
2171 D321                   OUT (21H),A
2173 CD9026                 CALL DELAY3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
2176 3E04                    LD A,04H
2178 D320                    OUT (20H),A
217A 3E04                    LD A,04H
217C D321                    OUT (21H),A
217E CDE026                  CALL DELAY4
2181 3E08     LDIRECTION2:   LD A,08H
2183 D320                    OUT (20H),A
2185 3E04                    LD A,04H
2187 D321                    OUT (21),A
2189 CD3027                  CALL DELAY5
218C 3E00                    LD A,00H
218E D321                    OUT (21H),A
2190 CD8027                  CALL DELAY6
2193 CD7028                  CALL CHKJOY
2196 3E01                    LD A,01H
2198 B8                      CP B
2199 C20720                  JP NZ,LOOP
219C DB22                    IN A,(22H)
219E E6F0                    AND 0F0H
21A0 FED0                    CP 0D0H
21A2 C20720                  JP NZ,LOOP
21A5 18DA                    JR LDIRECTION2

21D0          ORG            21D0H
21D0 3E01     FDIRECTION:    LD A,01H
21D2 BB                      CP E
21D3 2019                    JR NZ,FDIRECTION0
21D5 CDF025                  CALL DELAY1
21D8 CDF025                  CALL DELAY1
21DB CDF025                  CALL DELAY1
21DE CDF025                  CALL DELAY1
21E1 CDF025                  CALL DELAY1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
21E4 CDF025                    CALL DELAY1
21E7 CDF025                    CALL DELAY1
21EA CDF025                    CALL DELAY1
21ED 1D                        DEC E
21EE BA      FDIRECTION0:      CP D
21EF 2801                      JR Z,FDIRECTION1
21F1 14                        INC D
21F2 3E11    FDIRECTION1:      LD A,11H
21F4 D320                      OUT (20H),A
21F6 3E05                      LD A,05H
21F8 D321                      OUT (21H),A
21FA CD4026                    CALL DELAY2
21FD 3E00                      LD A,00H
21FF D321                      OUT (21H),A
2201 CD9026                    CALL DELAY3
2204 3E22                      LD A,22H
2206 D320                      OUT (20H),A
2208 3E05                      LD A,05H
220A D321                      OUT (21H),A
220C CD4026                    CALL DELAY2
220F 3E00                      LD A,00H
2211 D321                      OUT (21H),A
2213 CD9026                    CALL DELAY3
2216 3E44                      LD A,44H
2218 D320                      OUT (20H),A
221A 3E05                      LD A,05H
221C D321                      OUT (21H),A
221E CDE026                    CALL DELAY4
2221 3E88    FDIRECTION2:      LD A,88H
2223 D320                      OUT (20H),A
2225 3E05                      LD A,05H
2227 D321                      OUT (21H),A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
2229 CD3027          CALL DELAY5
222C 3E00                        LD A,00H
222E D321                        OUT (21H),A
2230 CD8027                      CALL DELAY6
2233 CD7028                      CALL CHKJOY
2236 3E01                        LD A,01H
2238 B8                          CP B
2239 C20720                      JP NZ,LOOP
223C DB22                        IN A,(22H)
223E E6F0                        AND 0F0H
2240 FEB0                        CP 0B0H
2242 C20720                      JP NZ,LOOP
2245 18DA                        JR FDIRECTION2

2270           ORG               2270H
2270 3E01      BDIRECTION:       LD A,01H
2272 BA                          CP D
2273 2019                        JR NZ,BDIRECTION0
2275 CDF025                      CALL DELAY1
2278 CDF025                      CALL DELAY1
227B CDF025                      CALL DELAY1
227E CDF025                      CALL DELAY1
2281 CDF025                      CALL DELAY1
2284 CDF025                      CALL DELAY1
2287 CDF025                      CALL DELAY1
228A CDF025                      CALL DELAY1
228D 15                          DEC D
228E BB        BDIRECTION0:      CP E
228F 2801                        JR Z,BDIRECTION1
2291 1C                          INC E
2292 3E11      BDIRECTION1:      LD A,11H
2294 D320                        OUT (20H),A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
2296 3E0A                      LD A,0AH
2298 D321                      OUT (21H),A
229A CD4026                    CALL DELAY2
229D 3E00                      LD A,00H
229F D321                      OUT (21H),A
22A1 CD9026                    CALL DELAY3
22A4 3E22                      LD A,22H
22A6 D320                      OUT (20H),A
22A8 3E0A                      LD A,0AH
22AA D321                      OUT (21H),A
22AC CD4026                    CALL DELAY2
22AF 3E00                      LD A,00H
22B1 D321                      OUT (21H),A
22B3 CD9026                    CALL DELAY3
22B6 3E44                      LD A,44H
22B8 D320                      OUT (20H),A
22BA 3E0A                      LD A,0AH
22BC D321                      OUT (21H),A
22BE CDE026                    CALL DELAY4
22C1 3E88      BDIRECTION2:    LD A,88H
22C3 D320                      OUT (20H),A
22C5 3E0A                      LD A,0AH
22C7 D321                      OUT (21),A
22C9 CD3027                    CALL DELAY5
22CC 3E00                      LD A,00H
22CE D321                      OUT (21H),A
22D0 CD8027                    CALL DELAY6
22D3 CD7028                    CALL CHKJOY
22D6 3E01                      LD A,01H
22D8 B8                        CP B
22D9 C20720                    JP NZ,LOOP
22DC DB22                      IN A,(22H)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
22DE E6F0                       AND 0F0H
22E0 FE70                       CP 70H
22E2 C20720                     JP NZ,LOOP
22E5 18DA                       JR BDIRECTION2

2310           ORG              2310H
2310 3E01     FRDIRECTION:      LD A,01H
2312 BB                         CP E
2313 2019                       JR NZ,FRDIRECTION0
2315 CDF025                     CALL DELAY1
2318 CDF025                     CALL DELAY1
231B CDF025                     CALL DELAY1
231E CDF025                     CALL DELAY1
2321 CDF025                     CALL DELAY1
2324 CDF025                     CALL DELAY1
2327 CDF025                     CALL DELAY1
232A CDF025                     CALL DELAY1
232D 1D                         DEC E
232E BA       FRDIRECTION0:     CP D
232F 2801                       JR Z,FRDIRECTION1
2331 14                         INC D
2332 3E11     FRDIRECTION1:     LD A,11H
2334 D320                       OUT (20H),A
2336 3E01                       LD A,01H
2338 D321                       OUT (21H),A
233A CD4026                     CALL DELAY2
233D 3E00                       LD A,00H
233F D321                       OUT (21H),A
2341 CD9026                     CALL DELAY3
2344 3E22                       LD A,22H
2346 D320                       OUT (20H),A
2348 3E01                       LD A,01H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
234A D321                  OUT (21H),A
234C CD4026                CALL DELAY2
234F 3E00                  LD A,00H
2351 D321                  OUT (21H),A
2353 CD9026                CALL DELAY3
2356 3E44                  LD A,44H
2358 D320                  OUT (20H),A
235A 3E01                  LD A,01H
235C D321                  OUT (21H),A
235E CDE026                CALL DELAY4
2361 3E88    FRDIRECTION2: LD A,88H
2363 D320                  OUT (20H),A
2365 3E05                  LD A,05H
2367 D321                  OUT (21H),A
2369 CD3027                CALL DELAY5
236C 3E00                  LD A,00H
236E D321                  OUT (21H),A
2370 CD8027                CALL DELAY6
2373 3E01                  LD A,01H
2375 D321                          OUT (21),A
2377 CDD027                CALL DELAY7
237A 3E00                  LD A,00H
237C D321                  OUT (21H),A
237E CD8027                CALL DELAY6
2381 CD7028                CALL CHKJOY
2384 3E01                  LD A,01H
2386 B8                    CP B
2387 C20720                JP NZ,LOOP
238A DB22                  IN A,(22H)
238C E6F0                  AND 0F0H
238E FEA0                  CP 0A0H
2390 C20720                JP NZ,LOOP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
2393 18CC                   JR FRDIRECTION2


23B0        ORG             23B0H
23B0 3E01   FLDIRECTION:    LD A,01H
23B2 BB                     CP E
23B3 2019                   JR NZ,FLDIRECTION0
23B5 CDF025                 CALL DELAY1
23B8 CDF025                 CALL DELAY1
23BB CDF025                 CALL DELAY1
23BE CDF025                 CALL DELAY1
23C1 CDF025                 CALL DELAY1
23C4 CDF025                 CALL DELAY1
23C7 CDF025                 CALL DELAY1
23CA CDF025                 CALL DELAY1
23CD 1D                     DEC E
23CE BA     FLDIRECTION0:   CP D
23CF 2801                   JR Z,FLDIRECTION1
23D1 14                     INC D
23D2 3E11   FLDIRECTION1:   LD A,11H
23D4 D320                   OUT (20H),A
23D6 3E04                   LD A,04H
23D8 D321                   OUT (21H),A
23DA CD4026                 CALL DELAY2
23DD 3E00                   LD A,00H
23DF D321                   OUT (21H),A
23E1 CD9026                 CALL DELAY3
23E4 3E22                   LD A,22H
23E6 D320                   OUT (20H),A
23E8 3E04                   LD A,04H
23EA D321                   OUT (21H),A
23EC CD4026                 CALL DELAY2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่าจะหรือใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
23EF 3E00                   LD A,00H
23F1 D321                   OUT (21H),A
23F3 CD9026                 CALL DELAY3
23F6 3E44                   LD A,44H
23F8 D320                   OUT (20H),A
23FA 3E04                   LD A,04H
23FC D321                   OUT (21H),A
23FE CDE026                 CALL DELAY4
2401 3E88      FLDIRECTION2: LD A,88H
2403 D320                   OUT (20H),A
2405 3E05                   LD A,05H
2407 D321                   OUT (21H),A
2409 CD3027                 CALL DELAY5
240C 3E00                   LD A,00H
240E D321                   OUT (21H),A
2410 CD8027                 CALL DELAY6
2413 3E04                   LD A,04H
2415 D321                   OUT (21),A
2417 CDD027                 CALL DELAY7
241A 3E00                   LD A,00H
241C D321                   OUT (21H),A
241E CD8027                 CALL DELAY6
2421 CD7028                 CALL CHKJOY
2424 3E01                   LD A,01H
2426 B8                     CP B
2427 C20720                 JP NZ,LOOP
242A DB22                   IN A,(22H)
242C E6F0                   AND 0F0H
242E FE90                   CP 90H
2430 C20720                 JP NZ,LOOP
2433 18CC                   JR FLDIRECTION2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
2450            ORG             2450H
2450 3E01    BRDIRECTION:  LD A,01H
2452 BA                    CP D
2453 2019                  JR NZ,BRDIRECTION0
2455 CDF025                CALL DELAY1
2458 CDF025                CALL DELAY1
245B CDF025                CALL DELAY1
245E CDF025                CALL DELAY1
2461 CDF025                CALL DELAY1
2464 CDF025                CALL DELAY1
2467 CDF025                CALL DELAY1
246A CDF025                CALL DELAY1
246D 15                    DEC D
246E BB      BRDIRECTION0: CP E
246F 2801                  JR Z,BRDIRECTION1
2471 1C                    INC E
2472 3E11    BRDIRECTION1:LD A,11H
2474 D320                  OUT (20H),A
2476 3E02                  LD A,02H
2478 D321                  OUT (21H),A
247A CD4026                CALL DELAY2
247D 3E00                  LD A,00H
247F D321                  OUT (21H),A
2481 CD9026                CALL DELAY3
2484 3E22                  LD A,22H
2486 D320                  OUT (20H),A
2488 3E02                  LD A,02H
248A D321                  OUT (21H),A
248C CD4026                CALL DELAY2
248F 3E00                  LD A,00H
2491 D321                  OUT (21H),A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
2493 CD9026                  CALL DELAY3
2496 3E44                    LD A,44H
2498 D320                    OUT (20H),A
249A 3E02                    LD A,02H
249C D321                    OUT (21H),A
249E CDE026                  CALL DELAY4
24A1 3E88   BRDIRECTION2:LD A,88H
24A3 D320                    OUT (20H),A
24A5 3E0A                    LD A,0AH
24A7 D321                    OUT (21H),A
24A9 CD3027                  CALL DELAY5
24AC 3E00                    LD A,00H
24AE D321                    OUT (21H),A
24B0 CD8027                  CALL DELAY6
24B3 3E02                    LD A,02H
24B5 D321                    OUT (21),A
24B7 CDD027                  CALL DELAY7
24BA 3E00                    LD A,00H
24BC D321                    OUT (21H),A
24BE CD8027                  CALL DELAY6
24C1 CD7028                  CALL CHKJOY
24C4 3E01                    LD A,01H
24C6 B8                      CP B
24C7 C20720                  JP NZ,LOOP
24CA DB22                    IN A,(22H)
24CC E6F0                    AND 0F0H
24CE FE60                    CP 60H
24D0 C20720                  JP NZ,LOOP
24D3 18CC                    JR BRDIRECTION2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ฮี ห้ามมิให้แปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
24F0        ORG     24F0H
```

```
24F0 3E01    BLDIRECTION:  LD A,01H
24F2 BA                    CP D
24F3 2019                  JR NZ,BLDIRECTION0
24F5 CDF025                CALL DELAY1
24F8 CDF025                CALL DELAY1
24FB CDF025                CALL DELAY1
24FE CDF025                CALL DELAY1
2501 CDF025                CALL DELAY1
2504 CDF025                CALL DELAY1
2507 CDF025                CALL DELAY1
250A CDF025                CALL DELAY1
250D 15                    DEC D
250E BB      BLDIRECTION0: CP E
250F 2801                  JR Z,BLDIRECTION1
2511 1C                    INC E
2512 3E11    BLDIRECTION1: LD A,11H
2514 D320                  OUT (20H),A
2516 3E08                  LD A,08H
2518 D321                  OUT (21H),A
251A CD4026                CALL DELAY2
251D 3E00                  LD A,00H
251F D321                  OUT (21H),A
2521 CD9026                CALL DELAY3
2524 3E22                  LD A,22H
2526 D320                  OUT (20H),A
2528 3E08                  LD A,08H
252A D321                  OUT (21H),A
252C CD4026                CALL DELAY2
252F 3E00                  LD A,00H
2531 D321                  OUT (21H),A
2533 CD9026                CALL DELAY3
2536 3E44                  LD A,44H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
2538 D320                    OUT (20H),A
253A 3E08                    LD A,08H
253C D321                    OUT (21H),A
253E CDE026                  CALL DELAY4
2541 3E88     BLDIRECTION2:LD A,88H
2543 D320                    OUT (20H),A
2545 3E0A                    LD A,0AH
2547 D321                    OUT (21H),A
2549 CD3027                  CALL DELAY5
254C 3E00                    LD A,00H
254E D321                    OUT (21H),A
2550 CD8027                  CALL DELAY6
2553 3E08                    LD A,08H
2555 D321                    OUT (21),A
2557 CDD027                  CALL DELAY7
255A 3E00                    LD A,00H
255C D321                    OUT (21H),A
255E CD8027                  CALL DELAY6
2561 CD7028                  CALL CHKJOY
2564 3E01                    LD A,01H
2566 B8                      CP B
2567 C20720                  JP NZ,LOOP
256A DB22                    IN A,(22H)
256C E6F0                    AND 0F0H
256E FE50                    CP 50H
2570 C20720                  JP NZ,LOOP
2573 18CC                    JR BLDIRECTION2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
25A0            ORG         25A0H
25A0 F5     DELAY0:     PUSH AF
25A1 D5                 PUSH DE
25A2 111111             LD DE,1111H
25A5 1B     DELAY01:    DEC DE
25A6 7B                 LD A,E
25A7 B2                 OR D
25A8 20FB               JR NZ,DELAY01
25AA D1                 POP DE
25AB F1                 POP AF
25AC C9                 RET


25F0            ORG         25F0H
25F0 F5     DELAY1:     PUSH AF
25F1 D5                 PUSH DE
25F2 114444             LD DE,4444H
25F5 1B     DELAY11:    DEC DE
25F6 7B                 LD A,E
25F7 B2                 OR D
25F8 20FB               JR NZ,DELAY11
25FA DB22               IN A,(22H)
25FC E601               AND 01H
25FE 2804               JR Z,DELAY12
2600 0E01               LD C,01H
2602 180B               JR DELAY13
2604 3E01   DELAY12:    LD A,01H
2606 B9                 CP C
2607 2006               JR NZ,DELAY13
2609 2B                 DEC HL
260A 220036             LD (3600H),HL
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
260D 0E00                   LD C,00H
260F D1     DELAY13:        POP DE
2610 F1                     POP AF
2611 C9                     RET

2640        ORG             2640H
2640 F5     DELAY2:         PUSH AF
2641 D5               PUSH DE
2642 111111                 LD DE,1111H
2645 1B     DELAY21:        DEC DE
2646 7B                     LD A,E
2647 B2                     OR D
2648 20FB                   JR NZ,DELAY21
264A DB22                   IN A,(22H)
264C E601                   AND 01H
264E 2804                   JR Z,DELAY22
2650 0E01                   LD C,01H
2652 180B                   JR DELAY23
2654 3E01   DELAY22:        LD A,01H
2656 B9                     CP C
2657 2006                   JR NZ,DELAY23
2659 2B                     DEC HL
265A 220036                 LD (3600H),HL
265D 0E00                   LD C,00H
265F D1     DELAY23:        POP DE
2660 F1                     POP AF
2661 C9                     RET

2690        ORG     2690H
2690 F5     DELAY3:         PUSH AF
2691 D5               PUSH DE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ทำการดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
2692 112222             LD DE,2222H
2695 1B       DELAY31:        DEC DE
2696 7B                 LD A,E
2697 B2                 OR D
2698 20FB               JR NZ,DELAY31
269A DB22               IN A,(22H)
269C E601               AND 01H
269E 2804               JR Z,DELAY32
26A0 0E01               LD C,01H
26A2 180B               JR DELAY33
26A4 3E01     DELAY32:        LD A,01H
26A6 B9                 CP C
26A7 2006               JR NZ,DELAY33
26A9 2B                 DEC HL
26AA 220036                   LD (3600H),HL
26AD 0E00               LD C,00H
26AF D1       DELAY33:        POP DE
26B0 F1                 POP AF
26B1 C9                 RET

26E0          ORG       26E0H

26E0 F5       DELAY4:         PUSH AF
26E1 D5                 PUSH DE
26E2 111110             LD DE,1011H
26E5 1B       DELAY41:        DEC DE
26E6 7B                 LD A,E
26E7 B2                 OR D
26E8 20FB               JR NZ,DELAY41
26EA DB22               IN A,(22H)
26EC E601               AND 01H
26EE 2804               JR Z,DELAY42
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
26F0 0E01            LD C,01H
26F2 180B            JR DELAY43
26F4 3E01   DELAY42:      LD A,01H
26F6 B9              CP C
26F7 2006            JR NZ,DELAY43
26F9 2B              DEC HL
26FA 220036          LD (3600H),HL
26FD 0E00            LD C,00H
26FF D1     DELAY43:      POP DE
2700 F1              POP AF
2701 C9              RET

2730      ORG        2730H

2730 F5     DELAY5:       PUSH AF
2731 D5              PUSH DE
2732 112222          LD DE,2222H
2735 1B     DELAY51:      DEC DE
2736 7B              LD A,E
2737 B2              OR D
2738 20FB            JR NZ,DELAY51
273A DB22            IN A,(22H)
273C E601            AND 01H
273E 2804            JR Z,DELAY52
2740 0E01            LD C,01H
2742 180B            JR DELAY53
2744 3E01   DELAY52:      LD A,01H
2746 B9              CP C
2747 2006            JR NZ,DELAY53
2749 2B              DEC HL
274A 220036          LD (3600H),HL
274D 0E00            LD C,00H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
274F D1      DELAY53:     POP DE
2750 F1                   POP AF
2751 C9                   RET

2780        ORG        2780H

2780 F5      DELAY6:      PUSH AF
2781 D5                   PUSH DE
2782 112525               LD DE,2525H
2785 1B      DELAY61:     DEC DE
2786 7B                   LD A,E
2787 B2                   OR D
2788 20FB                 JR NZ,DELAY61
278A DB22                 IN A,(22H)
278C E601                 AND 01H
278E 2804                 JR Z,DELAY62
2790 0E01                 LD C,01H
2792 180B                 JR DELAY63
2794 3E01    DELAY62:     LD A,01H
2796 B9                   CP C
2797 2006                 JR NZ,DELAY63
2799 2B                   DEC HL
279A 220036               LD (3600H),HL
279D 0E00                 LD C,00H
279F D1      DELAY63:     POP DE
27A0 F1                   POP AF
27A1 C9                   RET

27D0        ORG        27D0H

27D0 F5      DELAY7:      PUSH AF
27D1 D5                   PUSH DE
```

เอกสา... สำหรับกา... อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่า... ทั้งสิ้น อีกทั้งห้าม... ลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
27D2 110020             LD DE,2000H
27D5 1B      DELAY71:   DEC DE
27D6 7B                 LD A,E
27D7 B2                 OR D
27D8 20FB               JR NZ,DELAY71
27DA DB22               IN A,(22H)
27DC E601               AND 01H
27DE 2804               JR Z,DELAY72
27E0 0E01               LD C,01H
27E2 180B               JR DELAY73
27E4 3E01    DELAY72:   LD A,01H
27E6 B9                 CP C
27E7 2006               JR NZ,DELAY73
27E9 2B                 DEC HL
27EA 220036             LD (3600H),HL
27ED 0E00               LD C,00H
27EF D1      DELAY73:   POP DE
27F0 F1                 POP AF
27F1 C9                 RET


2820                ORG 2820H


2820 D5      CHKEY:     PUSH DE
2821 1600               LD D,00H
2823 7A      CHKEY0:    LD A,D
2824 D302               OUT (02H),A
2826 DB02               IN A,(02H)
2828 E610               AND 10H
282A FE10               CP 10H
282C 200B               JR NZ,CHKEY1
282E CDA025             CALL DELAY0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
2831 14              INC D
2832 3E02            LD A,02H
2834 BA              CP D
2835 20EC            JR NZ,CHKEY0
2837 D1              POP DE
2838 C9              RET
2839 3E00    CHKEY1:         LD A,00H
283B BA              CP D
283C 2005            JR NZ,CHKEY2
283E CDC028                  CALL SHOWTIME
2841 D1              POP DE
2842 C9              RET
2843 CD1029  CHKEY2:         CALL QUICKCHA
2846 D1              POP DE
2847 C9              RET



2870         ORG    2870H

2870 DB22    CHKJOY:         IN A,(22H)
2872 E608            AND 08H
2874 FE08            CP 08H
2876 CA7C28                  JP Z,CHKJOY0
2879 0601            LD B,01H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
287B C9                 RET
287C 0600    CHKJOY0:          LD B,00H
287E C9                 RET
```

```
28C0             ORG     28C0H

28C0 F5     SHOWTIME:        PUSH AF
28C1 D5                 PUSH DE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
28C2 DD21EF3F          LD IX,3FEFH
28C6 7D          LD A,L
28C7 DD7700          LD (IX+0),A
28CA DD23          INC IX
28CC 7C          LD A,H
28CD DD7700          LD (IX+0),A
28D0 E5          PUSH HL
28D1 3E07          LD A,07H
28D3 D7          RST 10H
28D4 06FF          LD B,0FFH
28D6 3E04          LD A,04H
28D8 D7          RST 10H
28D9 E1          POP HL
28DA D1          POP DE
28DB F1          POP AF
28DC C9          RET


2910          ORG 2910H
2910 3E80     QUICKCHA:     LD A,80H
2912 D321          OUT (21H),A
2914 3E00     QUICKCHA0:     LD A,00H
2916 D302          OUT (02H),A
2918 3E3F          LD A,3FH
291A D301          OUT (01H),A
291C CDA025          CALL DELAY0
291F DB22          IN A,(22H)
2921 E604          AND 04H
2923 20EF          JR NZ,QUICKCHA0
2925 3E20          LD A,20H
2927 320036          LD (3600H),A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ทำการแก้ไขเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
292A 3E1C        LD A,1CH
292C 320136      LD (3601H),A
292F C9          RET

            END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

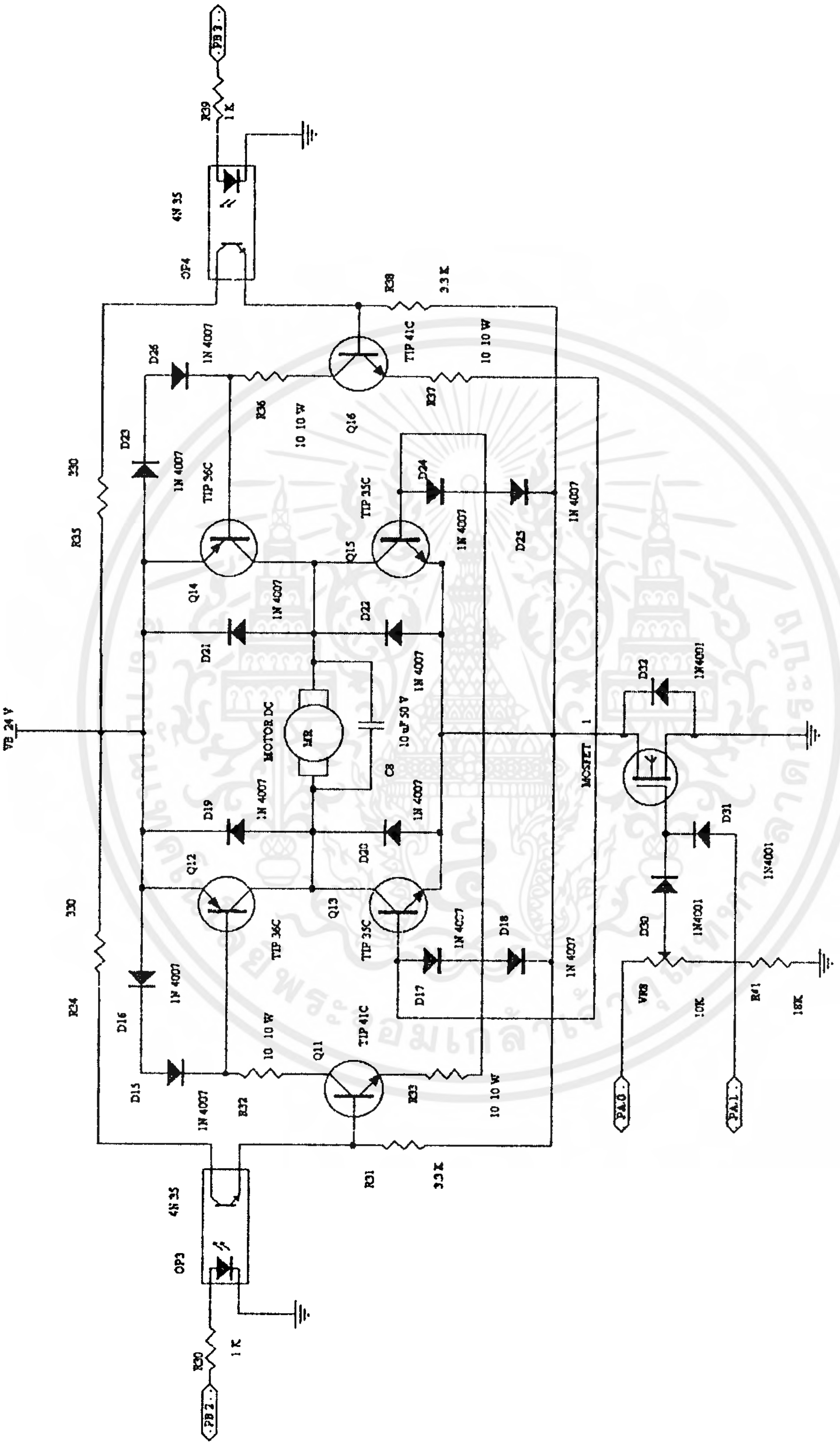
2270 BDIRECTION	228E BDIRECTION0	2292 BDIRECTION1
22C1 BDIRECTION2	24F0 BLDIRECTION	250E BLDIRECTION0
2512 BLDIRECTION1	2541 BLDIRECTION2	2450 BRDIRECTION
246E BRDIRECTION0	2472 BRDIRECTION1	24A1 BRDIRECTION2
2820 CHKEY	2823 CHKEY0	2839 CHKEY1
2843 CHKEY2	2870 CHKJOY	287C CHKJOY0
25A0 DELAY0	25A5 DELAY01	25F0 DELAY1
25F5 DELAY11	2604 DELAY12	260F DELAY13
2640 DELAY2	2645 DELAY21	2654 DELAY22
265F DELAY23	2690 DELAY3	2695 DELAY31
26A4 DELAY32	26AF DELAY33	26E0 DELAY4
26E5 DELAY41	26F4 DELAY42	26FF DELAY43
2730 DELAY5	2735 DELAY51	2744 DELAY52
274F DELAY53	2780 DELAY6	2785 DELAY61
2794 DELAY62	279F DELAY63	27D0 DELAY7
27D5 DELAY71	27E4 DELAY72	27EF DELAY73
2040 DIRECTION	21D0 FDIRECTION	21EE FDIRECTION0
21F2 FDIRECTION1	2221 FDIRECTION2	23B0 FLDIRECTION
23CE FLDIRECTION0	23D2 FLDIRECTION1	2401 FLDIRECTION2
2310 FRDIRECTION	232E FRDIRECTION0	2332 FRDIRECTION1
2361 FRDIRECTION2	2130 LDIRECTION	214E LDIRECTION0
2152 LDIRECTION1	2181 LDIRECTION2	2007 LOOP
2910 QUICKCHA	2914 QUICKCHA0	2090 RDIRECTION
20AE RDIRECTION0	20B2 RDIRECTION1	20E1 RDIRECTION2
28C0 SHOWTIME		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

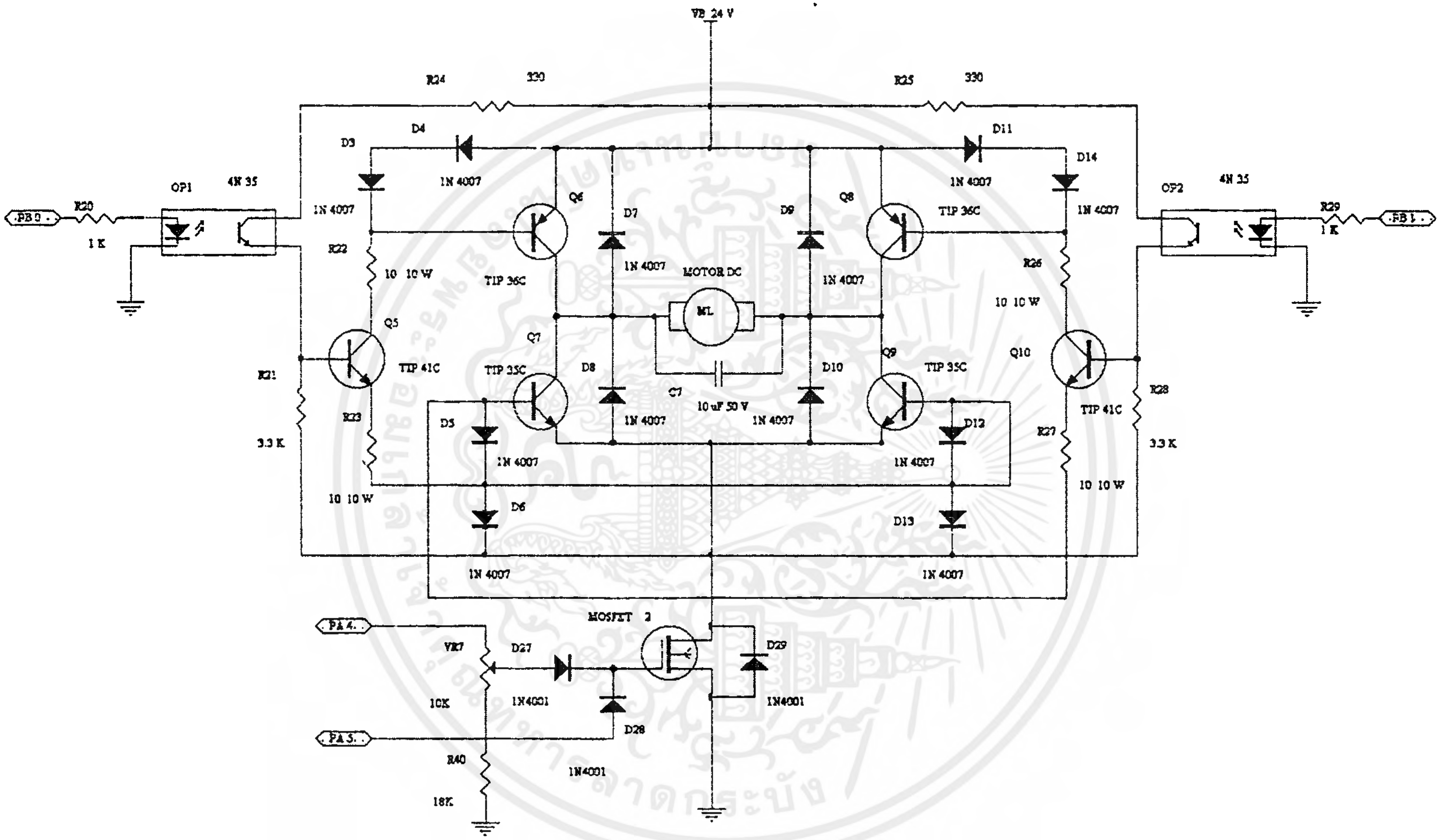
วงจรของรถเข็นไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



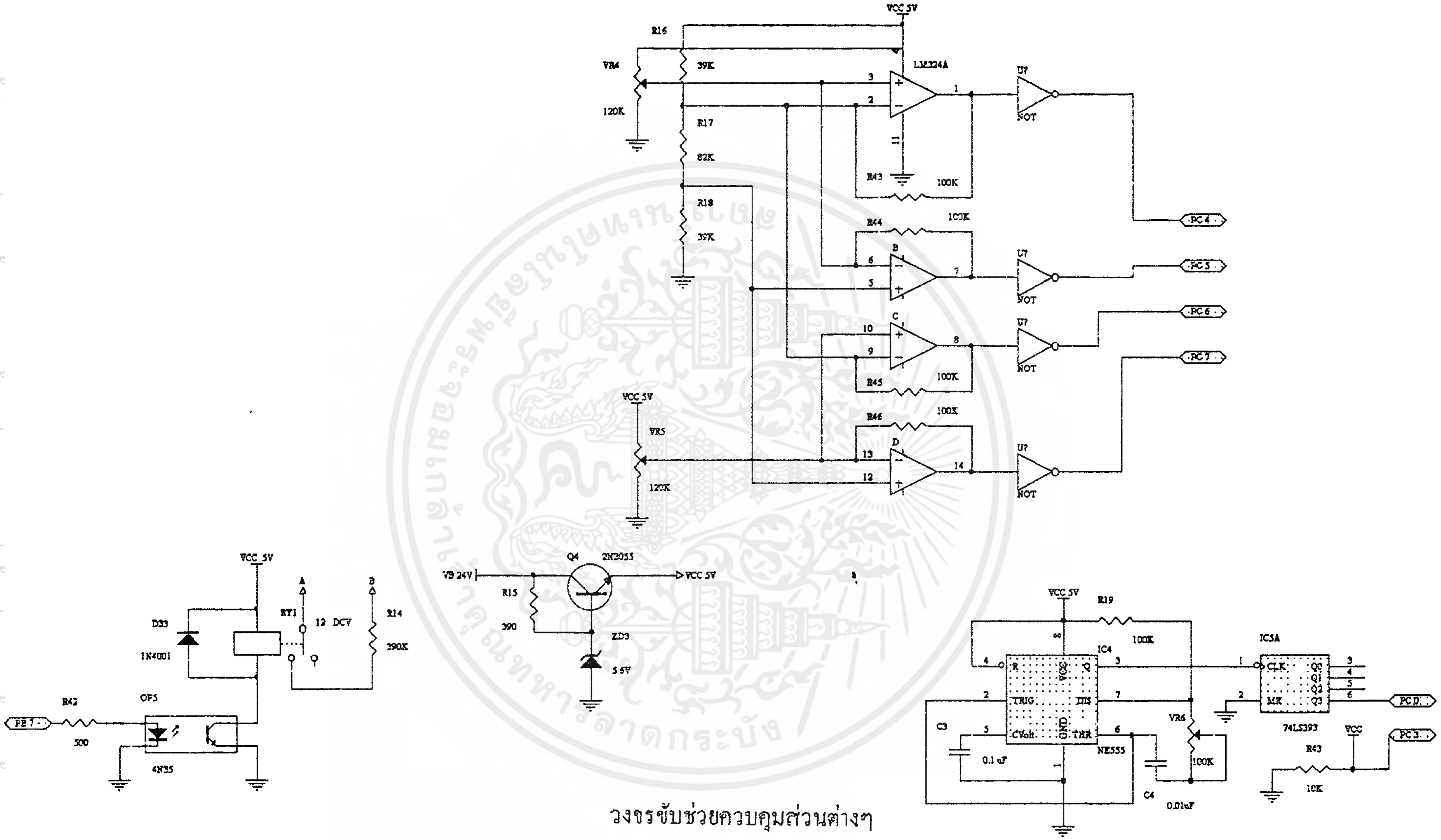
วงจรขับมอเตอร์ด้านขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



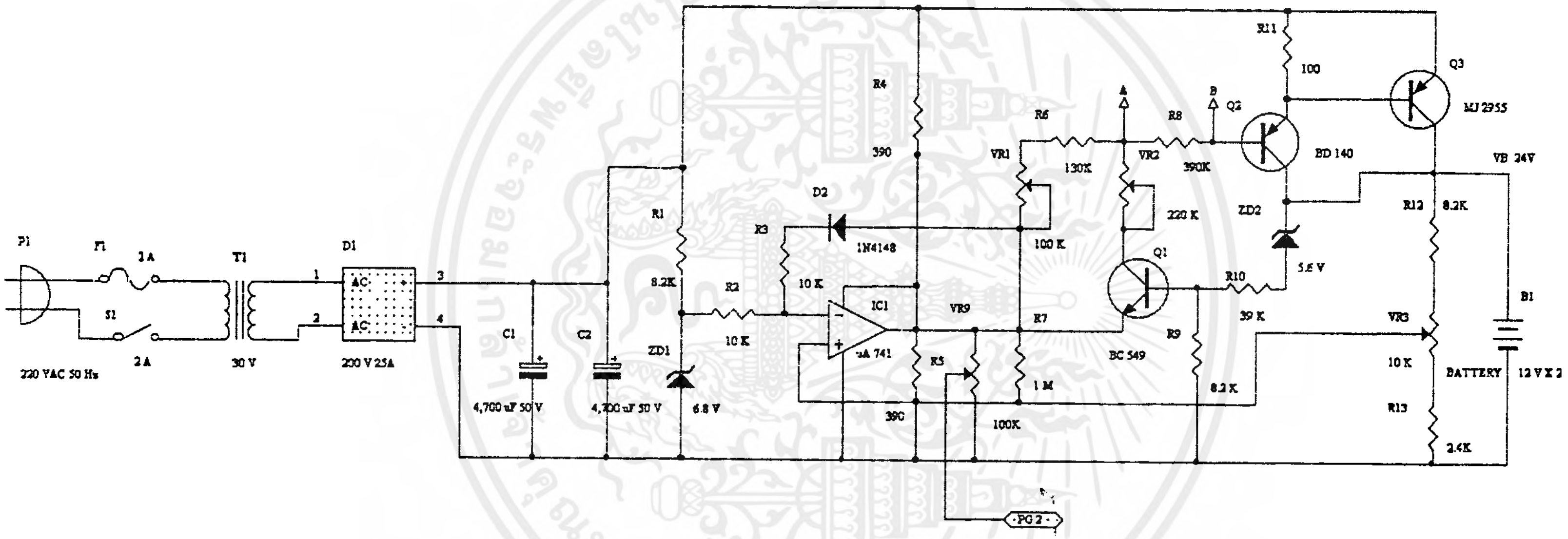
วงจรขับมอเตอร์ด้านซ้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



วงจรขับช่วยควบคุมส่วนต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



วงจรขับอัดประจุแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานเรื่อง รถเข็นไฟฟ้าควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ และ ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ก็ด้วยความอนุเคราะห์อย่างดีจาก ผศ.สุชาติ คุณทวีเทพ อาจารย์ที่ปรึกษาซึ่งได้ให้คำแนะนำและคำปรึกษา ขอบคุณเพื่อนที่ให้ความช่วยเหลือทางด้านเครื่องมือพร้อมทั้งคำปรึกษา ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่ ของผู้จัดทำที่คอยให้กำลังใจและทุนทรัพย์ในการจัดทำ

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาทุกท่านที่มีส่วนในการให้คำปรึกษา ทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ จึงขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

....

(นาย รุ่ง ปรางรัตน์)

....

(นาย วัชระ ทะแพงพันธ์)

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้