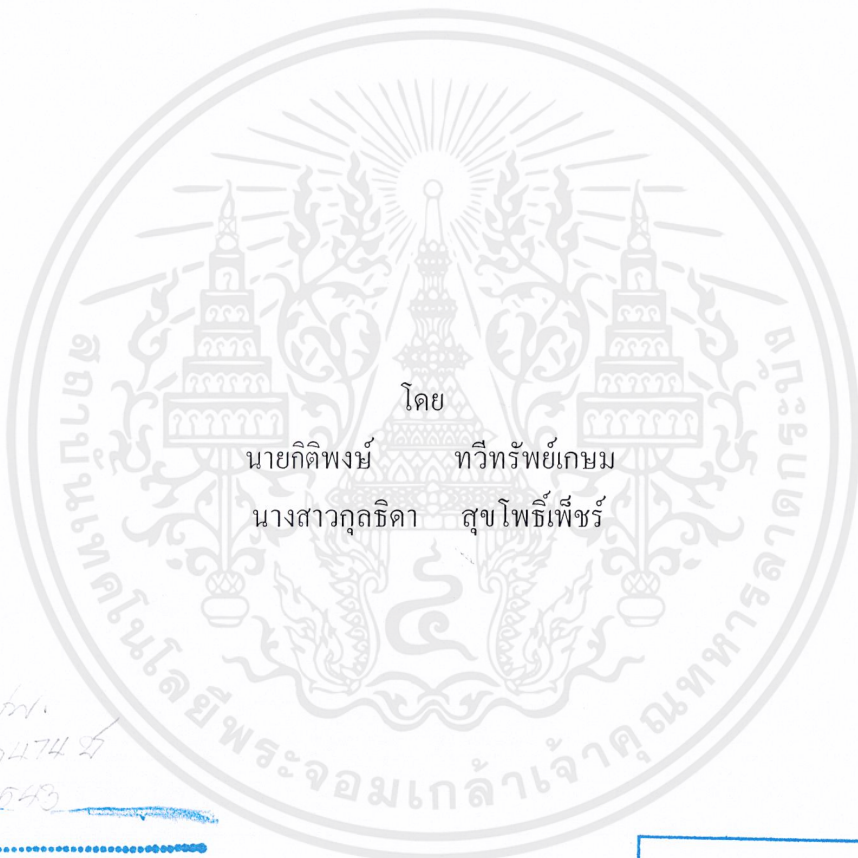


ชุดขับเคลื่อนรถเข็นไฟฟ้า

ELECTRICAL WHEELCHAIR



โดย  
นายกิตติพงษ์ ทวีทรัพย์เกษม  
นางสาวกุลธิดา สุขโพธิ์เพชร

264.  
ก474 ฉ  
ค543

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 42724  
วัน, เดือน, ปี- 7 ส.ย. 2545

b.....  
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านธุรกิจ  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

21101381PX

ชุดขับเคลื่อนรถเข็นไฟฟ้า  
ELECTRICAL WHEELCHAIR



ปริญญาานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2543

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ชุคซ์บเคลื่อนรถเข็น ไฟฟ้า

ผู้จัดทำ

1. นายกิติพงษ์ ทวีทรัพย์เกษม รหัส 40010064
2. นางสาวกุลธิดา สุขโพธิ์เพชร รหัส 40010067



.....อาจารย์ที่ปรึกษา

( ผศ. พลผดุง ผดุงกุล )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดขับเคลื่อนรถเข็นไฟฟ้า

ELECTRICAL WHEELCHAIR

ผู้จัดทำ

1. นายกิตติพงษ์ ทวีทรัพย์เกษม รหัส 40010064
2. นางสาวกุลธิดา สุขโพธิ์เพชร รหัส 40010067

โครงการนี้ได้รับการตรวจสอบแล้วพร้อมที่จะทำการสอบได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ชุดขับเคลื่อนรถเข็นไฟฟ้า

กิตติพงษ์ ทวีทรัพย์เกษม  
กุลธิดา สุขโพธิ์เพชร  
ผศ.พลผดุง ผดุงกุล อาจารย์ที่ปรึกษา  
ปีการศึกษา 2543

### บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการนำเสนอชุดขับเคลื่อนรถเข็นไฟฟ้าซึ่งใช้คีย์แพดรับคำสั่งจากผู้ใช้และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในการประมวลผลโดยรับสัญญาณอินพุทจากคีย์แพดแล้วสร้างสัญญาณพัลส์ความถี่ 3.7 กิโลเฮิร์ตซ์ออกไปควบคุมวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ซึ่งใช้เพาเวอร์มอสเฟตเป็นตัวสวิตช์และใช้ดีซีมอเตอร์ขนาด 12 โวลต์ทำหน้าที่ส่งกำลังผ่านเฟืองและโซ่เพื่อขับเคลื่อนตัวรถให้เคลื่อนที่ไปในทิศทางที่ต้องการ มีความเร็วสูงสุดในการเคลื่อนที่เท่ากับ 4 เมตรต่อวินาที การควบคุมให้ตัวรถเดินหน้าได้กำหนดให้มี 2 ระดับความเร็ว การควบคุมให้ตัวรถเลี้ยวซ้ายและเลี้ยวขวาทำได้ทั้งในขณะที่รถหยุดและกำลังเคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ELECTRICAL WHEELCHAIR

Mr.Kitipong Thaweesapaksem

Miss.Kulthida Sukpopet

Assist.Prof.Polphadung Phadungkul Advisor

2000

## Abstract

This project presents the electrical wheelchair which the user can control the movement by pressing the buttons on the key-pad. The electrical wheelchair's movement is controlled by microcontroller MCS-51. When any buttons is pressed, the electrical wheelchair will move to the required direction. The electrical wheelchair's maximum speed is 4 meters/minute. The forward direction consists of 2 speeds. The electrical wheelchair is able to turn left or right while it is at rest or moving.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
สารบัญ	III
สารบัญรูปภาพ	VI
สารบัญตาราง	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎี	2
2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ดเดี่ยว	2
2.1.1 บอร์ด V-3155	2
2.1.2 SPI-LOAD V2.0	2
2.1.3 การโหลดโปรแกรมกับ SPI-LOAD V2.0	3
2.2 ดีซีมอเตอร์	4
2.2.1 หลักการทำงานของดีซีมอเตอร์	4
2.2.2 ดีซีมอเตอร์แบบเส้นแรงแม่เหล็กคงที่	5
2.2.3 ดีซีมอเตอร์แบบอาร์เมเจอร์เป็นแกนเหล็ก	5
2.3 เพาเวอร์มอสเฟต	6
2.3.1 คุณลักษณะของเพาเวอร์มอสเฟต	7
2.3.2 กำลังงานสูญเสียในรูปความร้อนของเพาเวอร์มอสเฟต	7
2.3.3 เงื่อนไขของวงจรขับเพาเวอร์มอสเฟต	8
2.3.4 ค่าความจุไฟฟ้าด้านอินพุท	9
2.3.5 การกำหนดเวลาในการเปลี่ยนสถานะ	9
2.3.6 การพิจารณาเลือกใช้งานเพาเวอร์มอสเฟต	11
2.4 วงจรขับเกท	11
2.5 การเชื่อมต่อทางแสง	12
2.6 หม้อแปลงสวิตชิ่ง	13
2.6.1 ส่วนประกอบของหม้อแปลงสวิตชิ่ง	13
2.6.2 ลักษณะและขนาดมาตรฐานของแกนเฟอร์ไรต์	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3	ลักษณะสมบัติของเนื้อสารที่ใช้ทำแกนเฟอร์ไรต์	14
2.6.4	เส้นโค้งฮิสเทอรีซิส ( Hysteresis curve )	14
2.6.5	ค่าความสูญเสียในแกนเฟอร์ไรต์ ( Core Loss )	15
2.6.6	การกำหนดค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กสูงสุดในแกนหม้อแปลง	15
2.6.7	การพันขดลวดทองแดงและการกำหนดขนาดของขดลวด	16
2.6.8	อุณหภูมิของหม้อแปลงสวิทชิง	16
2.7	หลักการการทำงานของไอซี MC34063	17
2.8	SWITCHING DC-TO-DC CONVERTER	17
2.8.1	DOWN CONVERTER	19
บทที่ 3	การออกแบบและการทำงานของวงจร	20
3.1	ส่วนอินพุตรับคำสั่งจากผู้ใช้	20
3.2	หลักการเขียน โปรแกรมควบคุมทิศทางและความเร็วมอเตอร์	21
3.3	วงจรขับเกทของเพาเวอร์มอสเฟต	23
3.3.1	การออกแบบวงจรขับเกท	23
3.3.2	การทำงานของวงจรขับเกท	23
3.4	วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์	24
3.4.1	การออกแบบวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์	24
3.4.2	การทำงานของวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์	24
3.5	การควบคุมการเคลื่อนที่ของตัวรถ	24
3.6	การสร้างแหล่งจ่ายไฟให้วงจรขับเกท	25
3.6.1	การออกแบบวงจรสร้างแหล่งจ่ายไฟให้วงจรขับเกท	25
3.6.2	การทำงานของวงจรสร้างแหล่งจ่ายไฟให้วงจรขับเกท	26
3.7	วงจรชาร์จแบตเตอรี่	26
3.7.1	การออกแบบวงจรชาร์จแบตเตอรี่	26
3.7.2	การทำงานของวงจรชาร์จแบตเตอรี่	27
3.8	โครงสร้างของตัวรถ	27
บทที่ 4	ผลการทดลอง	29
4.1	การวัดความเร็วรอบของล้อซ้ายและล้อขวา	29
4.2	การวัดระยะวงเลี้ยว	29
4.3	การวัดกระแสที่มอเตอร์ต้องการ	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การวัดรีปเปิ้ลของวงจรจําเบตเตอร์	30
บทที่ 5 สรุปผลและแนวทางการพัฒนาต่อ	31
ภาคผนวก	
กิตติกรรมประกาศ	
หนังสืออ้างอิง	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงรูปหน้าตัดของดีซีมอเตอร์แบบอาร์มเจอร์เป็นแกนเหล็กและฟิลด์เป็นแม่เหล็ก	6
รูปที่ 2.2 โครงสร้างของเพาเวอร์มอสเฟต	6
รูปที่ 2.3 แรงดันพัลส์หลายที่ขาเกรนกับซอร์สเมื่ออุณหภูมิของรอยต่อเปลี่ยนไป	7
รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะของกระแสและแรงดันตกคร่อมเพาเวอร์มอสเฟตเมื่อเริ่มนำกระแสและเริ่มหยุดนำกระแส	8
รูปที่ 2.5 แสดงตัวเก็บประจุที่แขงอยู่ที่ขาต่าง ๆ ภายในตัวเพาเวอร์มอสเฟต	9
รูปที่ 2.6 แสดงลักษณะของแรงดันและกระแสที่ขาเกตขณะเพาเวอร์มอสเฟตถูกไบอัสให้นำกระแส	9
รูปที่ 2.7 แสดงตัวอย่างของ Gate Charge Chart	10
รูปที่ 2.8 แสดงการชาร์จประจุที่ขาเกตตามเวลาที่มีผลต่อการนำกระแส (ก)และผลเมื่อเริ่มหยุดนำกระแสของเพาเวอร์มอสเฟต (ข)	11
รูปที่ 2.9 แสดงการต่อใช้งานอปโตคัปเปลอร์	13
รูปที่ 2.10 แสดงลักษณะทั่วไปของ dc-to-dc converter	17
รูปที่ 2.11 โครงสร้างที่จำเป็นต่อการทำงานเป็นวงจร dc-to-dc converter	17
รูปที่ 2.12 วงจรคอนเวอร์เตอร์ที่ใช้สวิตช์เป็นอุปกรณ์อนุกรมและขนาน	18
รูปที่ 2.13 วงจรคอนเวอร์เตอร์ที่มีวงจรรองความถี่ต่ำ	18
รูปที่ 2.14 direct down converter	19
รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะการต่อสวิตช์ที่เป็นสัญญาณอินพุทของไมโครคอนโทรลเลอร์	20
รูปที่ 3.2 โพล์วชาร์ตการทำงานของโปรแกรม	22
รูปที่ 3.3 วงจรขับเกตของเพาเวอร์มอสเฟต	23
รูปที่ 3.4 แสดงการต่อวงจรขับดีซีมอเตอร์	24
รูปที่ 3.5 วงจรแสดงการต่อใช้งานของไอซี 555	25
รูปที่ 3.6 วงจรที่ได้จากการออกแบบวงจรสร้างแหล่งจ่ายไฟให้กับวงจรขับเกต	26
รูปที่ 3.7 แสดงวงจรชาร์จแบตเตอรี่	27
รูปที่ 3.8 แสดงโครงสร้างของตัวรถ	28
รูปที่ 3.9 แสดงอัตราทดของมอเตอร์ต่อล้อ	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 4.1 แสดงความเร็วของตัวรถในลักษณะการเคลื่อนที่ต่าง ๆ ขณะไม่มีโหลด	29
ตาราง 4.2 แสดงระยะวงเลี้ยวของตัวรถ	29
ตาราง 4.3 แสดงกระแสที่ใช้เมื่อให้คนน้ำหนักต่าง ๆ นั่งบนตัวรถ	30
ตาราง 4.4 ผลการทดลองวัฏริปเปิ้ลของวงจรชาร์จแบตเตอรี่	30



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 1

### บทนำ

ปัจจุบันวงจรอิเล็กทรอนิกส์ถูกนำมาใช้งานในด้านต่าง ๆ มากมาย ซึ่งโครงงานนี้จะกล่าวถึงการนำเอาวงจรอิเล็กทรอนิกส์มาประยุกต์ใช้กับรถเข็นคนไข้ ซึ่งโดยปกติจะใช้แรงของคนไข้วมาเป็นตัวกระทำให้ตัวรถเคลื่อนที่ แต่โครงงานนี้การเคลื่อนที่ของรถเข็นสามารถจะควบคุมได้ง่ายด้วยตัวผู้ใช้เอง การควบคุมทิศทางและการเคลื่อนที่ของตัวรถสามารถทำได้โดยกดคีย์แพดซึ่งจะสามารถอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้ได้เป็นอย่างดี

#### 1.1 ส่วนประกอบของโครงงาน

- คีย์แพด ทำหน้าที่เป็นอินพุตรับคำสั่งจากผู้ใช้
- ไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นส่วนที่ใช้ในการประมวลผลโดยรับสัญญาณอินพุตจากคีย์แพดแล้วสร้างสัญญาณเอาต์พุตออกไปควบคุมวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์เพื่อให้ตัวรถเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่ต้องการ
- วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ ซึ่งใช้เพาเวอร์มอสเฟตเป็นตัวสวิตช์
- วงจรขับเกท ทำหน้าที่สร้างสัญญาณไปควบคุมการทำงานของเพาเวอร์มอสเฟต
- ดีซีมอเตอร์ ขนาด 12 โวลต์ จำนวน 2 ตัวที่มีคุณสมบัติเหมือนกัน ทำหน้าที่ส่งกำลังผ่านเฟืองและโซ่เพื่อขับเคลื่อนตัวรถให้เคลื่อนที่ไปในทิศทางที่ต้องการ
- แหล่งจ่ายไฟ เพื่อความเหมาะสมจะใช้แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์เป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับวงจร
- วงจรชาร์จแบตเตอรี่

#### 1.2 การใช้งาน

การควบคุมการเคลื่อนที่ของตัวรถสามารถทำได้โดยการกดสวิตช์บนคีย์แพดซึ่งประกอบด้วยปุ่มเดินหน้าเร็ว , ปุ่มเดินหน้า , ปุ่มถอยหลัง , ปุ่มเลี้ยวซ้ายและปุ่มเลี้ยวขวา ซึ่งจะทำให้ตัวรถเคลื่อนที่ไปตามนั้น ( ต้องกดสวิตช์นั้นค้างไว้ด้วย ) ในขณะที่ต้องการเปลี่ยนทิศทางรถเคลื่อนที่จากเดินหน้าเป็นถอยหลังนั้นไม่สามารถจะทำให้มอเตอร์กลับทิศทางได้อย่างทันทีทันใด จึงต้องใช้เวลาหนึ่งประมาณ 1 วินาที

## บทที่ 2

### ทฤษฎี

#### 2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ดเดี่ยว

##### 2.1.1 บอร์ด V-3155

บอร์ด V-3155 มีคุณสมบัติดังนี้

- ใช้ซีพียูตระกูล MCS-51 เบอร์ 80C31
- ใช้สัญญาณนาฬิกาขนาด 11.0592 MHz
- มีหน่วยความจำขนาด 32 กิโลไบต์ซึ่งสามารถเลือกได้ว่าจะใช้เป็นหน่วยความจำประเภทโปรแกรมหรือข้อมูล
- ประกอบด้วยพอร์ตอนุกรม 1 พอร์ตจาก DS275 , พอร์ตจาก 8255 สำหรับใช้งานเป็นส่วนอินพุทหรือเอาต์พุทของระบบซึ่งจะต่อใช้งานในลักษณะ MEMORY MAP คือพอร์ต A=8000H , พอร์ต B=8001H , พอร์ต C=8002H และคอนโทรลพอร์ต = 8003H นอกจากนี้ยังมีพอร์ตจาก ซีพียูเพื่อการใช้งานอิสระ
- มี LED แสดงสถานะ 1 ดวง
- ใช้แหล่งจ่ายไฟขนาด 5 โวลต์ กระแส 20 มิลลิแอมป์
- ใช้ DS1838 เป็น POWER UP/DOWN RESET ให้กับระบบ

##### 2.1.2 SPI-LOAD V2.0 (SERIAL PERIPHERAL INTERFACE-LOADER)

SPI-LOAD V2.0 คือ อุปกรณ์ช่วยในการพัฒนาโปรแกรมทำได้โดยสะดวกและง่ายขึ้น โดยการดาวน์โหลด (DOWNLOAD) โปรแกรมจากไมโครคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ตอนุกรมด้วยคำสั่ง COPY บนคอสได้โดยตรง แล้วรันโปรแกรมให้เห็นผลการทำงานทันทีเมื่อสิ้นสุดการดาวน์โหลดโปรแกรม นอกจากนี้ยังเพิ่ม SOCKET 20 PIN ให้สามารถพัฒนาโปรแกรมบนชิพ AT89C2051 และ AT89C4051 อีกทั้งยังสามารถพัฒนาโปรแกรมบนชิพ 40 PIN ได้อีกด้วย

SPI-LOAD V2.0 เป็นบอร์ดที่สามารถดาวน์โหลดหรืออัปโหลด (UPLOAD) ข้อมูลผ่านโปรแกรม XTALK ของข้อมูลในส่วน PROGRAM (FLASH MEMORY 8K โปรแกรมซ้ำได้ 1,000 ครั้ง) และ EEPROM (EEPROM 2K โปรแกรมซ้ำได้ 100,000 ครั้ง) ส่วนประกอบของเวอร์ชันนี้ถูกออกแบบให้เป็นชิ้นเดียวกันเพื่อลดปัญหาเกี่ยวกับขั้วต่อหลวมและใช้งานสะดวกขึ้น สามารถใช้พัฒนาโปรแกรมกับชิพ 40 PIN และชิพ 20 PIN ได้ทันที

### 2.1.3 การโหลดโปรแกรมกับ SPI-LOAD V2.0

สามารถทำได้ 2 วิธีคือ

1) ใช้กับโปรแกรมสื่อสาร XTALK โดยผู้ใช้เรียก BATCH FILE ใน DIRECTORY \XTALK คือ S1.BAT (ผ่านพอร์ทCOM1) หรือ S2.BAT (ผ่านพอร์ทCOM2) ซึ่งจะเข้าสู่โปรแกรมสื่อสารมีรูปแบบเป็น ( BAUD-RATE = 4800 , DATA-BIT = 8 , STOP-BIT = 1 , PARITY = NONE ) ปกติเมื่อเริ่มจ่ายไฟเข้าบอร์ด SPI-LOAD V2.0 จะทำงานใน RUN MODE ( LED กระพริบช้า ) ก่อนเสมอ เมื่อผู้ใช้เรียก S1.BAT หรือ S2.BAT แล้วให้เคาะสเปซบาร์ที่คีย์บอร์ดหนึ่งครั้ง บนหน้าจอไมโครคอมพิวเตอร์จะแสดงข้อความแสดงถึงการติดต่อระหว่างไมโครคอมพิวเตอร์ กับ SPI-LOAD ดังนี้

**\*\* SPI-LOAD V2.0 EditMode BaudRate 4800.. SILA2000. \*\***

SPI-LOAD V2.0 ขณะเข้าสู่ EditMode ( LED จะสว่างค้าง ) คือเป็นการอ่านและเขียนข้อมูลลงตัวชิพ AT89S8252 โดยตรง เครื่องหมาย “ - ” จะแสดงความพร้อมเพื่อรอรับคำสั่ง โดยคำสั่งที่ใช้ในการโหลดข้อมูลจากไมโครคอมพิวเตอร์ลงบนชิพ AT89S8252 มีรูปแบบดังนี้

L [X] [addr]

X หมายถึงการระบุให้ข้อมูลลง DATA EEPROM ขนาด 2 กิโลไบต์

Addr หมายถึงตำแหน่งข้อมูลที่นำไปวางบนตำแหน่งใด ๆ

ตัวอย่าง -L คือทำการโหลดข้อมูลลง FLASH MEMORY ตำแหน่งที่ 0000H

-L X 0100H คือการโหลดข้อมูลลง EEPROM ที่ตำแหน่ง 0100H

การส่งไฟล์ทำได้โดยกด ^A หน้าจอจะขึ้น Command? ให้ใช้คำสั่ง SE และตามด้วยชื่อ FILE.HEX

2) โดยใช้คำสั่ง COPY ไฟล์บนดอสพร้อมที่ได้ทันทีโดยมีรูปแบบดังนี้

C:\COPY FILE.HEX COM1

โปรแกรมจะถูกโหลดลงชิพ AT89S8252 ทันทีให้สังเกต LED จะกระพริบตามข้อมูลที่โหลดเข้ามา เมื่อการโหลดโปรแกรมสิ้นสุดจะเปลี่ยนโหมดเข้าสู่การรันโปรแกรมนั้นอัตโนมัติ ( LED จะกระพริบตามปกติ )

ปัญหาจากการโหลดไม่ได้เกิดจากการกำหนด BAUD-RATE ไม่ถูกต้องให้ทำการแก้ไขโดยใช้คำสั่งนี้เพื่อตั้งค่าอัตรา BAUD-RATE บนไมโครคอมพิวเตอร์ให้เท่ากับ SPI-LOAD แล้วทดลองใช้คำสั่ง COPY อีกครั้ง

C:\WINDOWS\COMMAND\MODE COM1:48,N,8,1,P

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ข้อกำหนดเบื้องต้น

1. ในการป้อนคำสั่งแต่ละคำสั่ง จะต้องทำให้ถูกต้องตามรูปแบบที่กำหนดและกด ENTER หลังจบคำสั่ง
2. สามารถใช้อักษรตัวเล็กหรือตัวใหญ่ก็ได้ จำนวนตัวเลขที่ป้อนเข้าไปจะถือว่าเป็นเลขฐานสิบหก
3. หากป้อนคำสั่งไม่ถูกต้องเครื่องจะแสดงว่า^ERRORและชี้ ^ ตรงตำแหน่งคำสั่งที่ผิดพลาด
4. สิ่งที่เกิดขึ้นจากการกดคีย์และหน้าจอจะทำงานโดย SPI-LOAD เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์จะเป็นส่วนแสดงผลเท่านั้น

## 2.2 ดีซีมอเตอร์

### 2.2.1 หลักการทำงานของดีซีมอเตอร์

ดีซีมอเตอร์เป็นทรานสดิวเซอร์แรงบิดซึ่งมีการออกแบบให้มีคุณลักษณะพิเศษคือแรงบิดของเพลลาของมอเตอร์จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกระแสอาร์เมเจอร์ ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดของเพลลาและกระแสคือ

$$T = K\phi I \quad (2.1)$$

เมื่อ  $T$  คือแรงบิดของเพลลา มีหน่วยเป็นนิวตัน-เมตร

$\phi$  คือเส้นแรงแม่เหล็ก มีหน่วยเป็นเวเบอร์

$I$  คือกระแสมีหน่วยเป็นแอมแปร์

$K$  คือค่าคงตัว

จะเห็นได้ว่าแรงบิดของเพลลาจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับผลคูณของเส้นแรงแม่เหล็กและกระแส การที่ขดลวดตัวนำเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กจะทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมตัวมันเองโดยแรงดันนี้จะเป็นสัดส่วนกับความเร็วของเพลลาของมอเตอร์และเส้นแรงแม่เหล็ก โดยมีความสัมพันธ์ดังนี้

$$E = K\phi\omega \quad (2.2)$$

เมื่อ  $E$  คือแรงดันย้อนกลับมีหน่วยเป็นโวลต์

$\phi$  คือเส้นแรงแม่เหล็กมีหน่วยเป็นเวเบอร์

$\omega$  คือความเร็วของมอเตอร์มีหน่วยเป็นเรเดียน/วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.2 ดีซีมอเตอร์แบบเส้นแรงแม่เหล็กคงที่

ฟิลด์ (Field) ของมอเตอร์ชนิดนี้นิยมใช้แม่เหล็กถาวร มอเตอร์ชนิดนี้จึงอาจเรียกว่ามอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร (Permanent – Magnet Motors) มอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรนี้ไม่ต้องใช้การกระตุ้นเพื่อให้เกิดสนามแม่เหล็ก เนื่องจากมีแกนขั้ว (Core) ทำด้วยอัลลอยซึ่งสามารถรักษาคุณสมบัติความเป็นแม่เหล็กเอาไว้ได้นาน จากการที่มอเตอร์ชนิดนี้ไม่มีขดลวดสนามแม่เหล็กหรือขดลวดฟิลด์ มอเตอร์ชนิดนี้จึงมีประสิทธิภาพสูงกว่ามอเตอร์ชนิดซันท์หรือมอเตอร์คอมปาวด์ที่มีพิกัดเท่ากัน นอกจากนี้ยังควบคุมความเร็วและทิศทางการหมุนได้ง่ายโดยการกำหนดขนาดและขั้วแรงดันที่ป้อนให้แก่มอเตอร์ ซึ่งหมายความว่าถ้ากลับขั้วของแรงดันจะทำให้ทิศทางการเคลื่อนที่อาร์เมเจอร์เปลี่ยนแปลงไปเพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่ไม่ทำให้ฟลักซ์เปลี่ยนแปลง จึงได้อัตราส่วนระหว่างกระแสอาร์เมเจอร์และแรงบิดมีค่าคงที่ ดังมีความสัมพันธ์ดังนี้

$$T = K_t I \quad (2.3)$$

$$E = K_e \omega \quad (2.4)$$

ระบบนี้จะให้ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสอาร์เมเจอร์ , แรงบิด และความเร็วอยู่ในลักษณะเชิงเส้น สมการทางไฟฟ้าของดีซีมอเตอร์แบบนี้เขียนได้เป็น

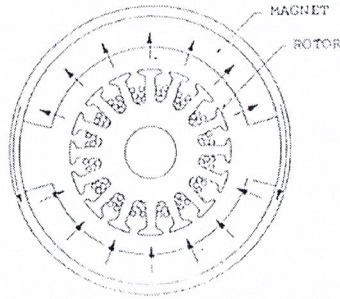
$$V = K_e \omega + L(di/dt) + Ri \quad (2.5)$$

เมื่อ	V	คือแรงดันที่ป้อนให้มอเตอร์
	$K_e$	คือค่าคงที่ของแรงดันย้อนกลับ
	L	คือค่าความเหนี่ยวนำของขดอาร์เมเจอร์
	R	คือความต้านทานที่ขั้วของมอเตอร์

### 2.2.3 ดีซีมอเตอร์แบบอาร์เมเจอร์เป็นแกนเหล็ก

โครงสร้างของโรเตอร์และสเตเตอร์ของมอเตอร์แบบแกนเหล็กแสดงดังรูป 2.1 โครงสร้างของมอเตอร์แบบนี้มีโมเมนต์ของแรงเฉื่อยสูงที่สุด และมีค่าอินดักแตนซ์ของโรเตอร์สูงที่สุดด้วย ดังนั้นมอเตอร์นี้จึงมีปริมาณการจุกความร้อนได้สูง และสามารถจะทน โอเวอร์ โหลด ได้ในระยะเวลายาวนานโดยไม่ทำให้มอเตอร์เสียหาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

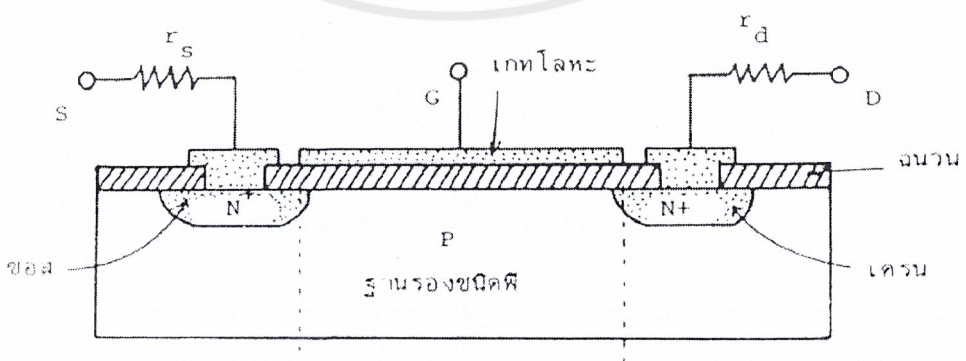


รูปที่ 2.1 แสดงรูปหน้าตัดของดีซีมอเตอร์แบบบรชเลสเป็นแกนเหล็กและฟิลด์เป็นแม่เหล็ก

### 2.3 เพาเวอร์มอสเฟต

เพาเวอร์มอสเฟตเป็นอุปกรณ์ประเภทอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังชนิดหนึ่ง ซึ่งมีลักษณะโครงสร้างดังรูป 2.2 โดยโครงสร้างของเพาเวอร์มอสเฟตจะแบ่งเป็น N-channel และ P-channel จากโครงสร้างจะพบว่าเกทกับซอร์สจะถูกแยกออกจากกันด้วยชั้นของซิลิกอน ซึ่งเปรียบเสมือนมีความจุไฟฟ้าอยู่ เมื่อป้อนแรงดันที่เหมาะสมเข้าที่ขาเกทจะทำให้ชั้นของซิลิกอนเกิดการเหนี่ยวนำจนเกิดมีกระแสไหล เพาเวอร์มอสเฟตนิยมใช้มากในวงจรสวิทช์ซึ่งเพาเวอร์ซัพพลายและการควบคุมมอเตอร์เนื่องจากมีข้อดีกว่าเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์คือ

- กำลังสูญเสียขณะสวิทช์ต่ำ
- มีสัญญาณรบกวนต่ำกว่าแบบไบโพลาร์
- มีคุณสมบัติการทำงานที่มั่นคงและเสถียรภาพทางอุณหภูมิดี
- ใช้ในวงจรความถี่สูงได้ดี

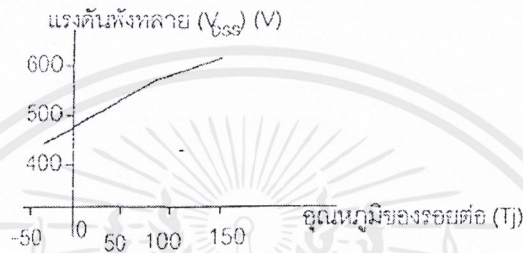


รูปที่ 2.2 โครงสร้างของเพาเวอร์มอสเฟต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.1 คุณลักษณะของเพาเวอร์มอสเฟต

แรงดันพังทลายเป็นแรงดันระหว่างขาเดรนกับขาซอร์ส ดังรูป 2.3 โดยที่อุณหภูมิค่า ๆ ค่าแรงดันพังทลายจะลดลงอย่างเห็นได้ชัด ขณะที่เพาเวอร์มอสเฟตนำกระแสอย่างสมบูรณ์ แรงดันที่ตกคร่อมระหว่างขาเดรนกับขาซอร์สจะแปรผันตรงกับกระแสที่ไหลผ่านตัวมัน



รูปที่ 2.3 แรงดันพังทลายที่เดรนกับซอร์สเมื่ออุณหภูมิของรอยต่อเปลี่ยนแปลงไป

### 2.3.2 กำลังงานสูญเสียในรูปความร้อนของเพาเวอร์มอสเฟต

กำลังงานสูญเสียที่เกิดขึ้นในเพาเวอร์มอสเฟตขณะทำงานจะเป็นไปได้ 2 ลักษณะเช่นเดียวกับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์คือ กำลังงานสูญเสียขณะเปลี่ยนสถานะและกำลังสูญเสียขณะนำกระแส แต่สำหรับเพาเวอร์มอสเฟตจะมีช่วงเวลาเริ่มนำกระแสและช่วงเวลาหยุดนำกระแสสั้นกว่าไบโพลาร์ทรานซิสเตอร์มาก รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะการตอบสนองของเพาเวอร์มอสเฟตเมื่อทำงานเป็นสวิทช์

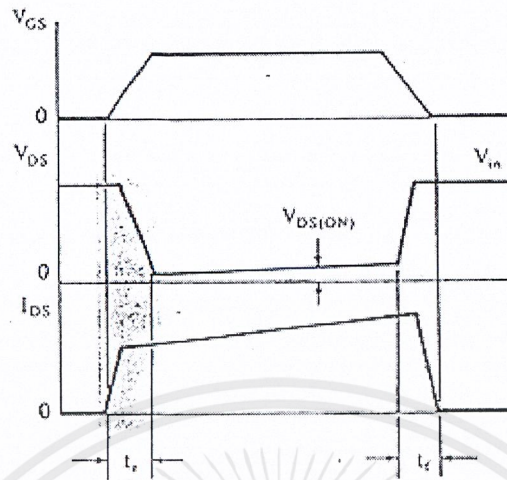
ถึงแม้ว่าช่วงเวลาเริ่มนำกระแสและเริ่มหยุดนำกระแสของเพาเวอร์มอสเฟตจะค่อนข้างสั้น แต่ถ้านำไปใช้งานที่ความถี่สูงกว่า 50 กิโลเฮิร์ตซ์ต้องนำค่ากำลังงานขณะเปลี่ยนสถานะมาคิดในการหาค่ากำลังงานสูญเสียขณะทำงานด้วย ดังนั้นกำลังงานสูญเสียของเพาเวอร์มอสเฟตขณะทำงาน  $P_D$  จะมีค่าเท่ากับ

$$P_D = P_{SW(on)} + P_{SW(off)} + P_C \quad (2.6)$$

$$P_{SW(on)} = 0.5 I_{PK(on)} V_{IN} * t_f / T \quad (2.7)$$

$$P_{SW(off)} = 0.5 I_{PK(off)} V_{IN} * t_f / T \quad (2.8)$$

$$P_C = I_{D(rms)}^2 * R_{Dson}(T_j) \quad (2.9)$$



รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะของกระแสและแรงดันตกคร่อมเพาเวอร์มอสเฟต  
เมื่อเริ่มนำกระแสและเริ่มหยุดนำกระแส

เมื่อ	$P_{SW(on)}$	คือ	กำลังงานสูญเสียขณะเริ่มนำกระแสของเพาเวอร์มอสเฟต
	$P_{SW(off)}$	คือ	กำลังงานสูญเสียขณะเริ่มหยุดนำกระแสของเพาเวอร์มอสเฟต
	$P_C$	คือ	กำลังงานสูญเสียขณะนำกระแสของเพาเวอร์มอสเฟต
	$0.5I_{PK(off)}$	คือ	กระแสสูงสุดขณะเริ่มนำกระแส
	$0.5I_{PK(on)}$	คือ	กระแสสูงสุดขณะเริ่มหยุดนำกระแส
	$I_{Drms}$	คือ	กระแสอาร์เอ็มเอสที่ไหลผ่านเพาเวอร์มอสเฟตขณะทำงาน
	$R_{Dson}(T_j)$	คือ	ค่าความต้านทานระหว่างเดรนและซอร์สที่อุณหภูมิรอยต่อสูงสุดขณะเพาเวอร์ มอสเฟตทำงาน
	$t_r$	คือ	ช่วงเวลาเริ่มนำกระแสของเพาเวอร์มอสเฟต
	$t_f$	คือ	ช่วงเวลาเริ่มหยุดนำกระแสของเพาเวอร์มอสเฟต

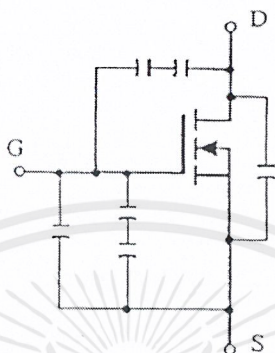
### 2.3.3 เงื่อนไขของวงจรขับเพาเวอร์มอสเฟต

การขับเพาเวอร์มอสเฟตให้นำกระแสที่แตกต่างจากการขับกระแสไบอัสในไบโพลาร์ทรานซิสเตอร์ เนื่องจากมีเงื่อนไขการไบอัสที่แตกต่างกัน สำหรับไบโพลาร์ทรานซิสเตอร์ กระแสจะไหลผ่านคอลเลคเตอร์และอิมิตเตอร์ได้ก็ต่อเมื่อมีกระแสไบอัสไหลผ่านที่เบสและอิมิตเตอร์ แต่เพาเวอร์มอสเฟตจะมีกระแสไหลผ่านเดรนและซอร์สก็ต่อเมื่อแรงดันตกคร่อมขาเกตและซอร์สมีค่าอย่างต่ำเท่ากับค่าแรงดันขีดเริ่ม (Threshold Voltage) ของมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

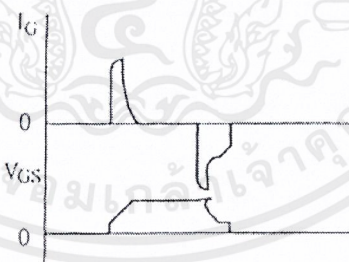
### 2.3.4 ค่าความจุไฟฟ้าด้านอินพุท

เนื่องจากลักษณะโครงสร้างภายในตัวเพาเวอร์มอสเฟตเสมือนกับมีตัวเก็บประจุต่ออยู่รอบๆ ขาต่าง ๆ ของมันดังรูป 2.5



รูปที่ 2.5 แสดงตัวเก็บประจุที่แฝงอยู่ที่ขาต่าง ๆ ภายในตัวเพาเวอร์มอสเฟต

ตัวเก็บประจุเหล่านี้บังคับให้เพาเวอร์มอสเฟตต้องชาร์จประจุเข้าไปที่ตัวเก็บประจุเสียก่อน เพื่อให้แรงดันที่ตกคร่อมขาเกต  $V_{GS}$  มีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงแรงดันขีดเริ่ม เพาเวอร์มอสเฟตจึงจะเริ่มนำกระแส โดยทั่วไปแล้วค่าความจุของตัวเก็บประจุในตัวเพาเวอร์มอสเฟตนี้เองจะเป็นตัวกำหนดความเร็วในการเปลี่ยนสถานะของมัน

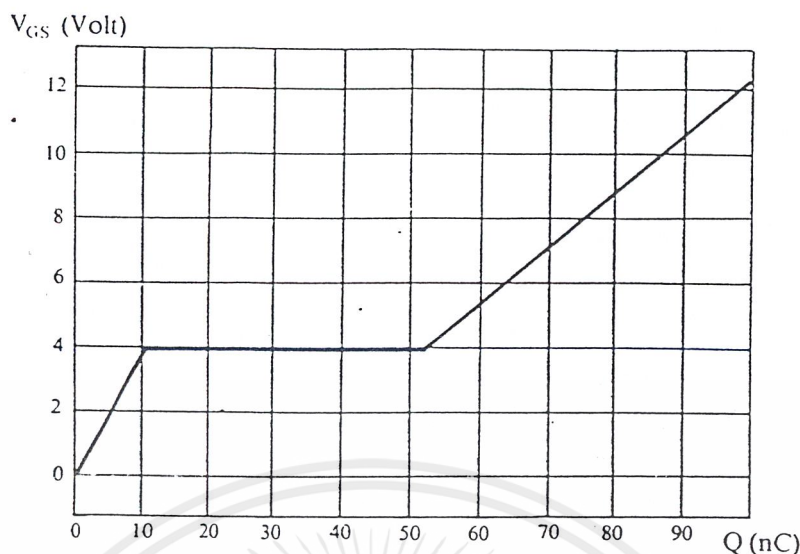


รูปที่ 2.6 แสดงลักษณะของแรงดันและกระแสที่ขาเกต  
ขณะเพาเวอร์มอสเฟตถูกไบอัสให้นำกระแส

### 2.3.5 การกำหนดเวลาในการเปลี่ยนสถานะ

ปกติแล้วผู้ผลิตจะให้กราฟค่า  $V_{GS}$  ที่เพิ่มขึ้นในขณะที่ค่าประจุสะสมที่ขาเกตเพิ่มขึ้นหรือที่เรียกว่า Gate Charge Chart มาในค่าชิตด้วย กราฟนี้มีประโยชน์มากในการคำนวณค่ากระแสไบอัสเกตและเวลาในการเปลี่ยนสถานะของเพาเวอร์มอสเฟต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



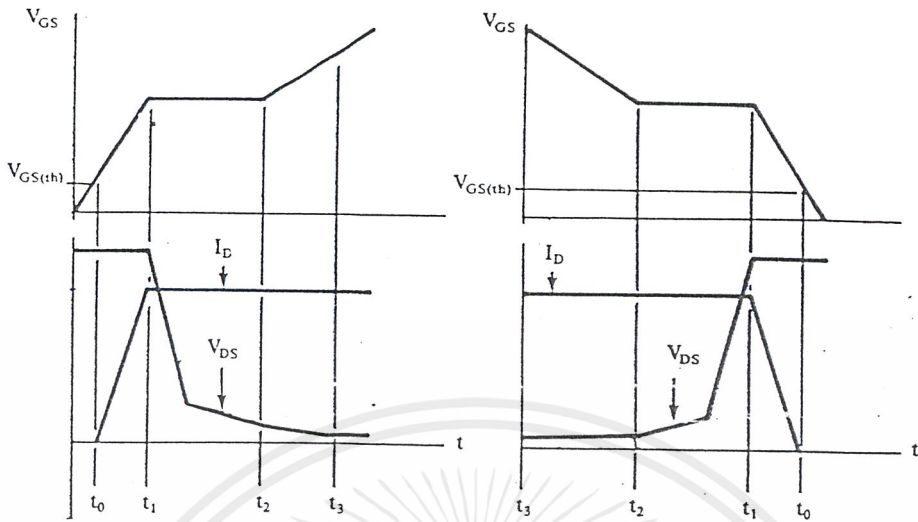
รูปที่ 2.7 แสดงตัวอย่างของ Gate Charge Chart

ลักษณะของกราฟแบ่งออกได้เป็น 3 ช่วง ตามผลของประจุที่เพิ่มขึ้น คือ

1. ช่วงเวลาหน่วงก่อนเริ่มนำกระแส (Turn-on Delay Time)  $t_0$
2. ช่วงเวลาเริ่มนำกระแส (Rise Time)  $t_0 - t_1$
3. ช่วงเวลาสะสมประจุส่วนเกิน (Excess Charge Time)  $t_2 - t_3$

เมื่อเพาเวอร์มอสเฟตเริ่มซาร์จประจุที่ขาเกตจนกระทั่งพ้นช่วงเวลาหน่วงก่อนเริ่มนำกระแส เมื่อแรงดันที่ขาเกตมากกว่าแรงดันขีดเริ่มจึงจะเริ่มมีกระแสไหลผ่านเดรนและซอร์ส ที่เวลา  $t_0$  ค่าของแรงดัน  $V_{DS}$  จะไม่ลดลงจนกว่าจะถึงเวลา  $t_1$  แรงดันตกคร่อมเดรนและซอร์ส  $V_{DS}$  จึงมีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว เพาเวอร์มอสเฟตจะนำกระแสได้เต็มที่ในช่วงเวลาเท่ากับ  $t_1$  ถึง  $t_2$  นี้เอง และช่วงนี้แรงดันที่ขาเกต  $V_{GS}$  จะคงที่

ในช่วงเวลาสะสมประจุส่วนเกินค่าความต้านทานระหว่างเดรนและซอร์สจะลดลงเรื่อย ๆ หากปล่อยให้มีการสะสมประจุต่อไปในช่วงเวลา  $t_2$  ถึง  $t_3$  ประจุที่สะสมเพิ่มขึ้นจะทำให้เกิดการหน่วงขณะเริ่มหยุดนำกระแส เนื่องจากเพาเวอร์มอสเฟตจะต้องใช้เวลามากในการคายประจุส่วนเกินนี้ทิ้งไป ดังนั้นการขับขาเกตด้วยแรงดันที่สูงเกินความจำเป็นจะทำให้ช่วงเวลาเริ่มหยุดนำกระแสเพิ่มขึ้นด้วย



รูปที่ 2.8 แสดงการชาร์จประจุที่ขาเกตตามเวลาที่มีผลต่อการนำกระแส (ก) และผลเมื่อเริ่มหยุดนำกระแสของเพาเวอร์มอสเฟต (ข)

การหยุดนำกระแสของเพาเวอร์มอสเฟตจึงทำได้ง่าย ๆ ด้วยการคายประจุที่ขาเกตทิ้งไปถ้าขนาดกระแสเพื่ออัดประจุและคายประจุมีค่าเท่ากันช่วงเวลาเริ่มนำกระแสและช่วงเวลาหยุดนำกระแสจะมีค่าเท่ากันด้วย ยกเว้นหากมีประจุสะสมมากในช่วงเวลา  $t_2$  ถึง  $t_3$  การเริ่มหยุดนำกระแสจะมีเวลาหน่วงเพิ่มขึ้น เนื่องจากต้องใช้เวลาในการคายประจุส่วนเกินทิ้งไป

จะเห็นได้ว่าการขับเพาเวอร์มอสเฟตให้นำกระแสได้นั้นจะต้องมีการอัดและคายประจุที่ขาเกต วงจรขับเกตของเพาเวอร์มอสเฟตจะต้องมีคุณสมบัติของการจ่ายกระแสและนำกระแสได้ที่ประมาณ 200 ถึง 400 มิลลิแอมแปร์ด้วย และต้องให้แรงดันตกคร่อมที่ขาเกต  $V_{GS}$  มีค่ามากพอเพื่อที่เพาเวอร์มอสเฟตจะทำงานได้เต็มที่ (ประมาณ 10 โวลต์)

### 2.3.6 การพิจารณาเลือกใช้งานเพาเวอร์มอสเฟต

เพื่อความปลอดภัยควรเลือกให้เพาเวอร์มอสเฟตมีพิกัดกระแสและแรงดันมากกว่ามอเตอร์ประมาณ 1.5-2 เท่า

### 2.4 วงจรขับเกต

วงจรขับเกตทำหน้าที่สร้างสัญญาณควบคุมการทำงานของเพาเวอร์มอสเฟตให้เกิดการสวิตช์ในวงจรกำลัง ระดับของศักย์มีผลต่อการทำงานของเพาเวอร์มอสเฟตมากดังนั้นจึง

จำเป็นต้องควบคุมให้ดีเพราะเพาเวอร์มอสเฟตทำงานด้วยแรงดันไม่ใช่กระแสเหมือนทรานซิสเตอร์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยปกติแล้วเพาเวอร์มอสเฟตจะหยุดนำกระแสโดยการกำหนดให้แรงดันตกคร่อมขาเกต และซอร์ส ( $V_{GS}$ ) เป็นศูนย์ กำลังที่ใช้ในการขับเกตหาได้จาก

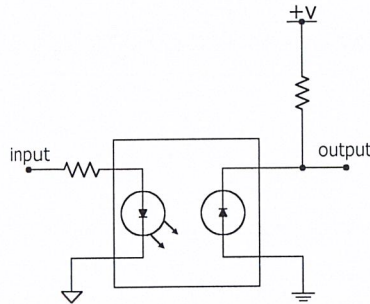
$$P_G = Q_G * V_{GS} * f \quad (2.10)$$

โดยที่  $Q_G$  คือประจุสูงสุดที่เกต  
 $V_{GS}$  คือแรงดันสูงสุดตกคร่อมเกต-ซอร์ส  
 $f$  คือความถี่ในการสวิตช์

ในการใช้งานเพาเวอร์มอสเฟตเพื่อขับวงจรแบบบริดจ์ เกตของเพาเวอร์มอสเฟต แต่ ละตัวจะต้องไม่ต่อกันโดยตรงกับเกตตัวอื่น ๆ ดังนั้นวงจรขับเกตจึงต้องมีการแยกกันทาง ไฟฟ้า อิมพีแดนซ์ของวงจรขับเกตเป็นสิ่งสำคัญเพราะถ้ามีค่าสูงแล้วจะทำให้การเปลี่ยนแปลง แรงดันอย่างรวดเร็วก่อให้เกิดผล  $dV/dt$  สูงเกิดกระแสประจุให้กับความจุไฟฟ้าที่อยู่ภายในเพาเวอร์ มอสเฟตตรงจังก์ชันเดรน-เกต กระแสนี้จะทำให้เกิดแรงดันคร่อมวงจรมองขึ้นได้ ถ้าวงจรขับเกต มีอิมพีแดนซ์สูงเกินไปจะทำให้เกตของมอสเฟตถูกกระตุ้นด้วยแรงดันนี้ซึ่งทำให้เกิดการนำกระแส โดยไม่ต้องการ

## 2.5 การเชื่อมต่อทางแสง

ตัวเชื่อมโยงทางแสง (Optocoupler) หรือตัวแยกโดยใช้แสง (Opto Isolater) เป็นอุปกรณ์ ที่นำมาเชื่อมโยงสัญญาณต่าง ๆ ของวงจรที่มีกราวด์ต่างกัน สามารถป้องกันการรบกวนซึ่งกัน และกันระหว่างภาคอินพุตกับภาคเอาต์พุตได้อย่างเด็ดขาด ออปโตคัพเปลอร์เป็นอุปกรณ์ที่ ประกอบด้วยแหล่งกำเนิดแสงและตัวตรวจจับแสงอยู่ในตัวถึงเดียวกัน แหล่งกำเนิดแสงส่วน ใหญ่จะใช้ไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรดที่ทำมาจากแกเลียมอาร์เซไนด์ (GaAs) ส่วนตัวตรวจจับ แสง (Photo Detector) สามารถเป็นไปได้ทั้งโฟโตทรานซิสเตอร์, โฟโตไดโอด, SCR และ TRIAC ในออปโตคัพเปลอร์สัญญาณอินพุตจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณแสงแล้วจึงส่งสัญญาณแสง นี้ไปยังโฟโตดีเทคเตอร์ ออปโตคัพเปลอร์ถูกออกแบบมาเพื่อป้องกันอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ไม่ให้ รับแรงกระชากสูง ๆ ซึ่งเป็นต้นเหตุให้เกิดสัญญาณเอาต์พุตที่ไม่ถูกต้อง



รูปที่ 2.9 แสดงการต่อใช้งานออปโตคัพเปลอร์

## 2.6 หม้อแปลงสวิตชิง

### 2.6.1 ส่วนประกอบของหม้อแปลงสวิตชิง

หม้อแปลงสวิตชิงมีหน้าที่หลักในการลดทอนแรงดันไฟฟ้าตรงอินพุทของคอนเวอร์เตอร์ ซึ่งอาจมีค่าสูงได้ถึง 310 โวลต์ให้มีความลดลงเป็นแรงดันไฟฟ้ค่าต่ำที่เอาท์พุท และทำให้เกิดการแยกจากกันทางไฟฟ้าระหว่างแรงดันอินพุทและแรงดันเอาท์พุท ส่วนประกอบที่สำคัญของหม้อแปลงสวิตชิงมีรายละเอียดดังนี้

#### 1) แกนเฟอร์ไรต์ ( Ferrite Core )

เฟอร์ไรต์เป็นวัสดุประเภทเฟอร์โรแมกเนติก ( Ferromagnetic material ) การเหนี่ยวนำแม่เหล็กบนแกนเฟอร์ไรต์จะมีผลทำให้เกิดความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กสูงกว่าการเหนี่ยวนำแม่เหล็กที่เกิดขึ้นบนแกนอากาศมาก เฟอร์ไรต์มีค่าจุดอิ่มตัวฟลักซ์แม่เหล็กค่อนข้างสูงประมาณ 3,000 ถึง 4,000 เกาส์ และเกิดการสูญเสียในตัวมันค่าที่ความถี่สูง ๆ ดังนั้นหม้อแปลงสวิตชิงจะมีรูปร่างแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับการใช้งานและมาตรฐานในการออกแบบ

#### 2) บ็อบบิน ( Bobbin )

บ็อบบินหรือแบบรองพัน ปกติจะทำจากพลาสติกชนิดทนความร้อนได้สูงและไม่ติดไฟ บ็อบบินจะช่วยให้การพันขดลวดบนแกนเฟอร์ไรต์สะดวกขึ้น และป้องกันปัญหาการลัดวงจรระหว่างขดลวดกับแกนเฟอร์ไรต์ได้ บ็อบบินจะมีขนาดมาตรฐานตามมาตรฐานของแกนเฟอร์ไรต์ บ็อบบินส่วนใหญ่จะถูกออกแบบให้มีขาพักลวดทองแดงเพื่อความสะดวกในการพันขดลวดและบักกรีติดกับแผ่นพีซีบี ( PCB )

#### 3) ลวดทองแดงอาบน้ำยา ( Enamelled Copper Wire )

การพันขดลวดทั้งไพรมารีและเซคันนารีของหม้อแปลงสวิตชิงที่กำลังไม่สูงมากนักปกติจะใช้ลวดทองแดงอาบน้ำยาบนแกนบ็อบบินเพื่อให้ได้จำนวนรอบตามต้องการ ขนาดของขดลวดทองแดงที่จะใช้พันนั้นขึ้นอยู่กับค่ากระแสสูงสุดที่ผ่านขดลวด , ความถี่และผลข้างเคียงอื่น ๆ

#### 4) เทปฉนวน ( Insulation Tape )

เทปฉนวนใช้พันสำหรับเป็นตัวรองระหว่างชั้นของขดลวดในหม้อแปลงสวิตชิงและมีหน้าสำคัญในการแยกส่วนไฟฟ้าระหว่างขดไฟโพรมารีและเซคันนารีด้วยวัสดุที่ใช้ทำเทปฉนวนอาจเป็นพวกไมลาร์ ( Mylar ) หรือโพลีเอสเตอร์ ( Polyester ) ที่ความหนาอยู่ในช่วง 0.05-0.1 มิลลิเมตรการเลือกใช้จะขึ้นอยู่กับการออกแบบและค่าความปลอดภัยที่ต้องการจากหม้อแปลงสวิตชิงเป็นหลัก

#### 2.6.2 ลักษณะและขนาดมาตรฐานของแกนเฟอร์ไรต์

แกนเฟอร์ไรต์สำหรับหม้อแปลงสวิตชิงโดยทั่วไปจะถูกผลิตออกมาที่ขนาดและรูปทรงต่าง ๆ ตามมาตรฐานเดียวกันเช่น แกนแบบ EI, EE,ETD หรือแกนแบบ POT เป็นต้น ปกติผู้ผลิตจะทำแกนเฟอร์ไรต์ออกมาในลักษณะของกลุ่มประกอบเพื่อความสะดวกในการประกอบเข้ากับบ็อบบิ้น การประกอบแกนเฟอร์ไรต์บนบ็อบบิ้นจะทำให้ทางเดินของฟลักซ์แม่เหล็กที่เกิดขึ้นในแกนเฟอร์ไรต์มีลักษณะเป็นวงบรรจบกันได้ แกนแบบ POT นั้นจะใช้กับหม้อแปลงสวิตชิงที่ไม่ต้องการกำลังสูง ( ไม่เกิน 125 วัตต์ ) และในงานที่ต้องการสัญญาณรบกวนต่ำเนื่องจากลักษณะรูปทางของมันสามารถป้องกันการแพร่กระจายของสัญญาณรบกวนได้ดี แต่แกนแบบ POT นั้นมีช่องให้ขดลวดลอดออกมาภายนอกได้ค่อนข้างน้อยจึงเป็นอุปสรรคในการพันลวดทองแดงขนาดใหญ่เมื่อหม้อแปลงต้องการกำลังสูง ๆ แกนที่นิยมใช้กันมากสำหรับหม้อแปลงสวิตชิงจะเป็นแบบ EI, EE,ETD เนื่องจากสามารถพันขดลวดได้รอบแกนบนบ็อบบิ้นได้สะดวก แกนในกลุ่มนี้จะมีขนาดต่าง ๆ ให้เลือกใช้งานได้เป็นจำนวนมาก โดยสามารถใช้งานได้ตั้งแต่ 5 วัตต์ ถึง 10 กิโลวัตต์ อย่างไรก็ตามสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นจะมีค่ามากกว่าแกนแบบ POT

#### 2.6.3 ลักษณะสมบัติของเนื้อสารที่ใช้ทำแกนเฟอร์ไรต์

ชนิดของเนื้อสารแกนเฟอร์ไรต์ที่แตกต่างกันจะทำให้คุณสมบัติทางแม่เหล็กของแกนเฟอร์ไรต์แตกต่างกันด้วยถึงแม้จะมีขนาดเท่ากันทุกประการก็ตาม ในแผ่นข้อมูลเนื้อสารที่ให้มา กับแกนเฟอร์ไรต์นั้นจะต้องมีรายละเอียดคุณสมบัติเนื้อสารแสดงไว้เสมอ ข้อมูลสำคัญที่ควรจะทำความเข้าใจและศึกษาไว้ก็คือเส้นโค้งฮิสเตอร์รีซิส ( Hysteresis curve ) และค่าการสูญเสียในแกนเฟอร์ไรต์ ( Core Loss )

#### 2.6.4 เส้นโค้งฮิสเตอร์รีซิส ( Hysteresis curve )

เส้นโค้งฮิสเตอร์รีซิสจะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก ( B ) ที่เกิดขึ้นในแกนเฟอร์ไรต์กับความเข้มของสนามแม่เหล็ก ( H ) ที่เกิดจากการเหนี่ยวนำของขดลวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของบริษัทฯ การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่พันบนแกน การใช้งานแกนเฟอร์ไรต์ในหม้อแปลงสวิตชิ่งจะต้องระวังไม่ทำให้แกนเฟอร์ไรต์เกิดการอิ่มตัวได้ ดังนั้น โดยทั่วไปในการออกแบบหม้อแปลงสวิตชิ่งจึงควรกำหนดค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ในแกนขณะทำงานมีค่าไม่เกินครึ่งหนึ่งของค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กสูงสุดก่อนอิ่มตัวของแกนเฟอร์ไรต์

**2.6.5 ค่าความสูญเสียในแกนเฟอร์ไรต์ ( Core Loss )**

การสูญเสียที่เกิดขึ้นในแกนเฟอร์ไรต์จะทำให้แกนเฟอร์ไรต์ร้อน ซึ่งมีสาเหตุหลัก 2 ประการคือการสูญเสียที่เกิดจากลักษณะฮิสเตอร์รีซิสของแกน ( Hysteresis Loss ) และการสูญเสียจากการเกิดกระแสไหลวนภายในแกนเฟอร์ไรต์ ( Eddy Current Loss ) ที่ความถี่ต่ำกว่า 100 กิโลเฮิร์ตซ์ การสูญเสียจากการเกิดกระแสไหลวนในแกนจะมีค่าน้อยสำหรับแกนที่มีขนาดไม่ใหญ่มากนัก ดังนั้นการสูญเสียที่ก่อให้เกิดความร้อนในแกนอาจพิจารณาได้จากการสูญเสียทางฮิสเตอร์รีซิสเพียงอย่างเดียว

**2.6.6 การกำหนดค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กสูงสุดในแกนหม้อแปลง**

ค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กในแกนของหม้อแปลงจะขึ้นอยู่กับจำนวนรอบของขดลวดไพรมารีและขนาดของแกนจาก กฎของฟาราเดย์จะได้ว่า

$$\Delta B = (V \cdot t \cdot 10^8) / (N_p \cdot A_c) \tag{2.11}$$

- เมื่อ  $\Delta B$  คือ ค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กที่เกิดขึ้นในแกนเป็นเกาส์
- $V$  คือ ค่าแรงดันที่ตกคร่อมขดไพรมารีเป็นโวลต์
- $N_p$  คือ จำนวนรอบของขดไพรมารีเป็นรอบ
- $A_c$  คือ ขนาดพื้นที่หน้าตัดของแกนเป็นตารางเซนติเมตร
- $t$  คือ ช่วงเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กที่เกิดขึ้นเป็นวินาที

จะเห็นได้ว่ายิ่งจำนวนรอบของขดไพรมารีมีค่าลดลง ค่าความหนาแน่นฟลักซ์ที่เกิดขึ้นจะยังมีค่ามาก ซึ่งการลดจำนวนรอบของไพรมารีลงจะทำให้สามารถใช้ลวดทองแดงขนาดใหญ่ขึ้นได้และสามารถทนกระแสได้สูงทำให้หม้อแปลงให้กำลังได้สูงขึ้น

อย่างไรก็ตามหากค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กมีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงจุดอิ่มตัวจะทำให้แรงดันตกคร่อมขดไพรมารีมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วแรงดันอินพุทจะไปตกคร่อมที่เพาเวอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทรานซิสเตอร์ขณะที่กำลังนำกระแสสูงๆ แทน ทำให้พาเวอร์ทรานซิสเตอร์พังเสียหายได้ และความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กที่มีค่าสูงสุดจะทำให้เกิดการสูญเสียภายในแกนสูงอีกด้วย ดังนั้นการกำหนดค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กสูงสุดที่ยอมให้เกิดขึ้นในแกนเฟอร์ไรต์ของหม้อแปลงขณะทำงานจึงมีข้อที่ควรคำนึง 2 ประการคือ

1. แกนเฟอร์ไรต์ต้องไม่เกิดอิมิตัวขณะทำงาน
2. ที่ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กสูงสุดที่เกิดขึ้นในแกนขณะทำงานจะต้องเกิดการสูญเสียในแกนเฟอร์ไรต์ต่ำที่สุด

### 2.6.7 การพันขดลวดทองแดงและการกำหนดขนาดของขดลวด

ปรกติการพันขดลวดในหม้อแปลงสวิตชิงจะใช้ลวดทองแดงอบน้ำยาเป็นตัวพัน ในขณะที่หม้อแปลงทำงานที่ความถี่สูงๆ ลวดทองแดงจะนำกระแสได้เพียงที่ผิว ซึ่งมีผลทำให้พื้นที่หน้าตัดในการนำกระแสของลวดทองแดงลดลง การสูญเสียในขดลวดจะมีมากขึ้นรวมทั้งการเรียงซ้อนกันของขดลวดก็มีผลทำให้เกิดการสูญเสียขึ้นในขดลวดได้เช่นเดียวกันกำลังงานที่สูญเสียเหล่านี้จะทำให้ขดลวดร้อนซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการให้เกิดขึ้นในขณะที่หม้อแปลงทำงาน การกำหนดขนาดและวิธีการพันขดลวดทองแดงจึงทำอย่างเหมาะสมเพื่อลดการสูญเสียในขดลวดทองแดงให้มีค่าน้อยที่สุด

### 2.6.8 อุณหภูมิของหม้อแปลงสวิตชิง

การออกแบบหม้อแปลงสวิตชิงจะถือว่าประสบความสำเร็จถ้าขณะที่คอนเวอร์เตอร์จ่ายกำลังที่โหลดสูงสุดแล้วหม้อแปลงไม่ร้อน หม้อแปลงจะร้อนเนื่องจากมีกำลังสูญเสียในหม้อแปลงสูงซึ่งจะเกิดจากกำลังงานสูญเสียภายในขดลวดทองแดงของหม้อแปลงและการสูญเสียในแกนเฟอร์ไรต์จากสมการ

$$\Delta T = 23.5(P_w + P_c) / (A_c A_w)^{1/2} \quad (2.12)$$

เมื่อ	$\Delta T$	คือ อุณหภูมิของหม้อแปลงที่เพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิห้องเป็นองศาเซลเซียส
	$P_w$	คือ กำลังสูญเสียภายในขดลวดทองแดงเป็นวัตต์
	$P_c$	คือ กำลังสูญเสียในแกนเฟอร์ไรต์เป็นวัตต์
	$A_c$	คือ พื้นที่หน้าตัดของแกนเฟอร์ไรต์เป็นตารางเซนติเมตร
	$A_w$	คือ ขนาดช่องพันขดลวดของบ็อบบินเป็นตารางเซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

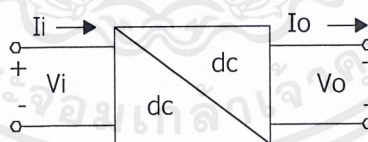
เพื่อไม่ให้อุณหภูมิของหม้อแปลงสูงเกินไปและเป็นข้อพิจารณาในการเลือกขนาดของแกนเฟอร์ไรต์กับการเลือกขนาดและวิธีการพันขดลวดทองแดงที่เหมาะสม การกำหนดค่ากำลังสูญเสียสูงสุดในหม้อแปลงจึงควรทำเป็นอันดับแรกในการออกแบบหม้อแปลงสวิตชิง

## 2.7 หลักการทำงานของไอซี MC34063

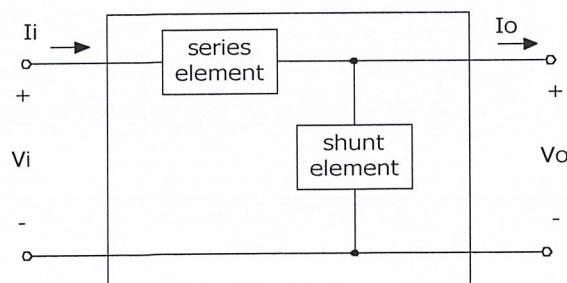
ไอซี MC34063 ทำหน้าที่เป็นพัลส์วิดท์มอดูเลเตอร์ ( Pulse Width Modulator ) เอาท์พุทที่ได้เกิดจากการเปรียบเทียบสัญญาณฟันเลื่อยที่เป็นบวกซึ่งตกร่วมตัวเก็บประจุ  $C_T$  ซึ่งควบคุมสัญญาณอินพุทแอนด์เกตและสัญญาณรีเซ็ตของอาร์เอสฟลิปฟล็อป ซึ่งสัญญาณของฟลิปฟล็อปนี้ไปจะไปขับทรานซิสเตอร์  $Q_1$  และ  $Q_2$  และจะทำงานได้เมื่อสัญญาณที่ขาแอนด์เกตมีสถานะสูงทั้งคู่ ซึ่งในทางปฏิบัติคือให้แรงดันที่ขา 5 เทียบกับขา 4 มีค่ามากกว่าแรงดันเปรียบเทียบ 1.25 โวลต์ และการเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณฟันเลื่อยกับสัญญาณที่ขา 7 มีสถานะสูง

## 2.8 SWITCHING DC-TO-DC CONVERTER

รูปแบบการทำงานอย่างง่าย ๆ ของ Switching dc-to-dc converter จะมีสวิตซ์ทำการเปิดและปิดทุก ๆ คาบเวลา  $T$  ด้วยความถี่การสวิตซ์  $1/T$  และมีอัตราส่วนระหว่างช่วงเวลา on-time ต่อคาบเวลา  $T$  เรียกว่าดิวตีไซเคิล (D) ซึ่งแรงดันที่โหลดจะได้จากการ chopped แรงดันทางอินพุท ( $V_1$ ) เป็นรูปคลื่นพัลส์ที่มีแรงดันบวกเท่ากับแรงดันอินพุท ( $V_1$ ) และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $DV_1$



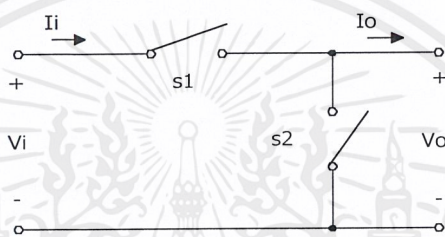
รูปที่ 2.10 แสดงลักษณะทั่วไปของ dc-to-dc converter



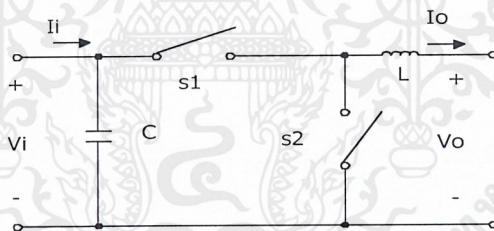
รูปที่ 2.11 โครงสร้างที่จำเป็นต่อการทำงานเป็นวงจร dc-to-dc converter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 2.10 และ 2.11 จะเห็นได้ว่าคอนเวอร์เตอร์ใช้ในการเชื่อมโยงระบบทั้งสองด้านเข้าด้วยกัน โดยภายในบล็อกจะเป็นวงจรซึ่งทำหน้าที่เป็นคิซีทุติยคอนเวอร์เตอร์ที่มีค่าความแตกต่างของแรงดันอินพุตและเอาต์พุตตกคร่อมอยู่บนอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกันระหว่างขั้วทั้งสองด้าน นอกจากนี้ยังมีวงจรซึ่งเป็นส่วนของอุปกรณ์ที่ต่อขนานเพื่อเป็นเส้นทางที่ให้ความแตกต่างของกระแสระหว่างอินพุตและเอาต์พุตไหลผ่าน อุปกรณ์ที่ต่อในส่วนอนุกรมและขนานนั้นจะต้องเป็นอุปกรณ์ที่ไม่เกิดการสูญเสียพลังงาน ซึ่งกล่าวได้ว่าค่าแรงดันเฉลี่ยที่อุปกรณ์ทั้ง 2 ชุดนี้ต้องมีค่าเป็นศูนย์ นั่นคือจะใช้สวิตช์แทนอุปกรณ์ทั้ง 2 นี้



รูปที่ 2.12 วงจรคอนเวอร์เตอร์ที่ใช้สวิตช์เป็นอุปกรณ์อนุกรมและขนาน



รูปที่ 2.13 วงจรคอนเวอร์เตอร์ที่มีวงจรกรองความถี่ต่ำ

จากรูป 2.12 สวิตช์ทำหน้าที่แทนอุปกรณ์ที่ใช้ต่ออนุกรมและขนานในวงจรคอนเวอร์เตอร์ ที่ทำการเชื่อมต่อระหว่างแหล่งจ่ายแรงดันอินพุตและกระแสดิซีเอาต์พุต โดยสวิตช์จะทำงานด้วยความถี่คงที่ ( $1/T$ ) และจะทำงานสลับกันเพื่อไม่ให้เกิดการลัดวงจรของแรงแเสเอาต์พุตและแรงดันอินพุต การที่จะกำจัดริปลีลที่กระแสดินพุตและแรงดันเอาต์พุตจะต้องเพิ่มวงจรกรองความถี่ต่ำทั้งด้านอินพุตและเอาต์พุตด้วย ในรูปแบบที่ง่ายที่สุดของวงจรกรองความถี่ต่ำคือการใส่ตัวเก็บประจุขนานทางด้านอินพุตและตัวเหนี่ยวนำอนุกรมทางด้านเอาต์พุตดังรูป 2.13 โดยค่าอุปกรณ์ทั้งสองชนิดนี้จะต้องมีค่ามาก ๆ เพื่อให้อินพุตอิมพีแดนซ์ของระบบมีค่าน้อย ๆ และเอาต์พุตอิมพีแดนซ์มีค่ามาก ๆ ที่ความถี่ของริปลีลทำให้สามารถลดทอนองค์ประกอบของริปลีลออกได้ตามต้องการ

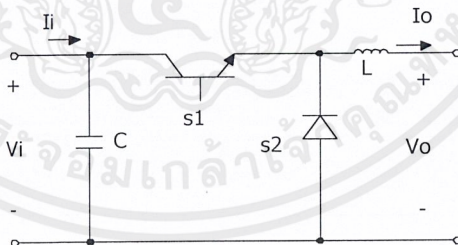
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำมาแทนที่สวิตช์ก็จะทำให้เราสามารถกำหนดทิศทางของการไหลของกำลังงานในระบบได้ เนื่องจากอุปกรณ์ที่นำมาเป็นสวิตช์นี้จะมีข้อจำกัด เช่น ไดโอดและทรานซิสเตอร์ ต่างก็เป็นอุปกรณ์ที่มีกระแสไหลในทิศทางเดียวและสามารถทนแรงดันในทิศทางเดียวด้วย

### 2.8.1 DOWN CONVERTER

ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของสวิตช์และทิศทางการไหลของกำลังงานเราจะทำการพิจารณา direct converter โดยการทำงานแบบ down mode นั่นคือกำลังงานจะไหลจากศักดาสูงไปยังศักดาที่ต่ำกว่า ค่ากระแสและค่าแรงดันในสวิตช์ชุดอนุกรมมีค่าเป็นบวกทั้งคู่

ดังนั้นอุปกรณ์ที่เหมาะสมในการใช้เป็นสวิตช์ก็คือทรานซิสเตอร์ ส่วนค่าของกระแสและแรงดันในสวิตช์ชุดขนานนั้นจะมีขั้วต่างกันดังนั้นเราจะใช้ไดโอดมาทำเป็นสวิตช์ การควบคุมการทำงานของไดโอดจะเป็นไปตามสวิตช์ชุดอนุกรมนั่นคือเมื่อสวิตช์อนุกรมทำงาน แรงดันอินพุตจะทำการไบอัสย้อนกลับทำให้ไดโอดหยุดทำงาน และเมื่อสวิตช์อนุกรมหยุดทำงานความต่อนื่องในกระแสของตัวอินดักเตนซ์จะทำให้ไดโอดทำงานขึ้นได้ ซึ่งลักษณะการทำงานของสวิตช์ชุดขนานนี้จะมีลักษณะเหมือนกับฟรีวีลิ่งไดโอด ( Free Wheeling Diode ) ในวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น ดังนั้นวงจร down converter สามารถแสดงได้ดังนี้



รูปที่ 2.14 direct down converter

### บทที่ 3

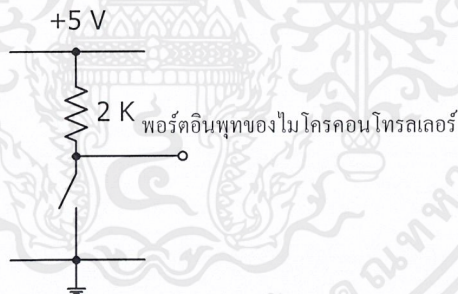
#### การออกแบบและการทำงานของวงจร

##### 3.1 ส่วนอินพุทรับคำสั่งจากผู้ใช้

เพื่อความสะดวกในการควบคุมการบังคับทิศทางของตัวรถนี้จะใช้คีย์แพดมาควบคุมให้ตัวรถเดินหน้า , เดินหน้าเร็ว , ถอยหลัง , เลี้ยวซ้ายและเลี้ยวขวา โดยมีการต่อเชื่อมกับพอร์ตของ 8051 ดังนี้

- 1) สวิตช์ควบคุมการเดินหน้าจะต่อกับพอร์ต P1.0
- 2) สวิตช์ควบคุมการเดินหน้าเร็วจะต่อกับพอร์ต P1.1
- 3) สวิตช์ควบคุมการถอยหลังจะต่อกับพอร์ต P1.2
- 4) สวิตช์ควบคุมการเลี้ยวซ้ายจะต่อกับพอร์ต P1.3
- 5) สวิตช์ควบคุมการเลี้ยวขวาจะต่อกับพอร์ต P1.4

ซึ่งสวิตช์แต่ละตัวมีลักษณะการต่อดังนี้



รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะการต่อสวิตช์ที่เป็นสัญญาณอินพุทของไมโครคอนโทรลเลอร์

จากวงจรด้านบนจะเห็นว่าเมื่อสวิตช์ตัวใดถูกกดจะทำให้พอร์ตของอินพุทของไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่สวิตช์นั้นต่ออยู่มีสถานะต่ำทันที ซึ่งจะนำคุณสมบัตินี้ไปเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของตัวรถ

### 3.2 หลักการเขียนโปรแกรมควบคุมทิศทางและความเร็วมอเตอร์

โปรแกรมที่เขียนจะต้องควบคุมดีซีมอเตอร์ 2 ตัว ซึ่งใช้เป็นตัวขับเคลื่อนล้อซ้ายและล้อขวาของตัวรถ โดยมอเตอร์ที่ขับเคลื่อนล้อซ้ายจะต่อกับพอร์ต PA0 และ PA1 ของ 8255 และมอเตอร์ที่ขับเคลื่อนล้อขวาจะต่อกับพอร์ต PA2 และ PA3 ของ 8255 ซึ่งหลักการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมทิศทางและความเร็วของมอเตอร์มีดังนี้

- 1) เมื่อสวิตช์ควบคุมการเดินหน้าถูกกด 8255 จะส่งสถานะสูงออกไปที่ PA0 และ PA2 โดยส่งออกไปเป็นสัญญาณพัลส์มีวิตีไซเคิล 50 %
- 2) เมื่อสวิตช์ควบคุมการเดินหน้าเร็วถูกกด 8255 จะส่งสถานะสูงออกไปที่ PA0 และ PA2 โดยส่งออกไปเป็นสัญญาณไฟตรง
- 3) เมื่อสวิตช์ควบคุมการถอยหลังถูกกด 8255 จะส่งสถานะสูงออกไปที่ PA1 และ PA3 โดยส่งออกไปเป็นสัญญาณพัลส์มีวิตีไซเคิล 50 %
- 4) เมื่อสวิตช์ควบคุมการเลี้ยวซ้ายถูกกดในขณะที่รถจอดอยู่กับที่ 8255 จะส่งสถานะสูงออกไปที่ PA1 และ PA2 โดยส่งออกไปเป็นสัญญาณพัลส์มีวิตีไซเคิล 50 % ซึ่งจะทำให้ล้อซ้ายหมุนถอยหลังและล้อขวาหมุนไปข้างหน้า
- 5) เมื่อสวิตช์ควบคุมการเลี้ยวขวาถูกกดในขณะที่รถจอดอยู่กับที่ 8255 จะส่งสถานะสูงออกไปที่ PA0 และ PA3 โดยส่งออกไปเป็นสัญญาณพัลส์มีวิตีไซเคิล 50 % ซึ่งจะทำให้ล้อขวาหมุนถอยหลังและล้อซ้ายหมุนไปข้างหน้า
- 6) เมื่อสวิตช์ควบคุมการเลี้ยวซ้ายถูกกดในขณะที่รถเคลื่อนที่ 8255 จะส่งสถานะสูงออกไปที่ PA2 เท่านั้น โดยส่งออกไปเป็นสัญญาณพัลส์มีวิตีไซเคิล 50 % ซึ่งจะทำให้ล้อซ้ายหยุด แต่ล้อขวาเคลื่อนที่ต่อไป
- 7) เมื่อสวิตช์ควบคุมการเลี้ยวขวาถูกกดในขณะที่รถเคลื่อนที่ 8255 จะส่งสถานะสูงออกไปที่ PA0 เท่านั้น โดยส่งออกไปเป็นสัญญาณพัลส์มีวิตีไซเคิล 50 % ซึ่งจะทำให้ล้อขวาหยุด แต่ล้อซ้ายเคลื่อนที่ต่อไป

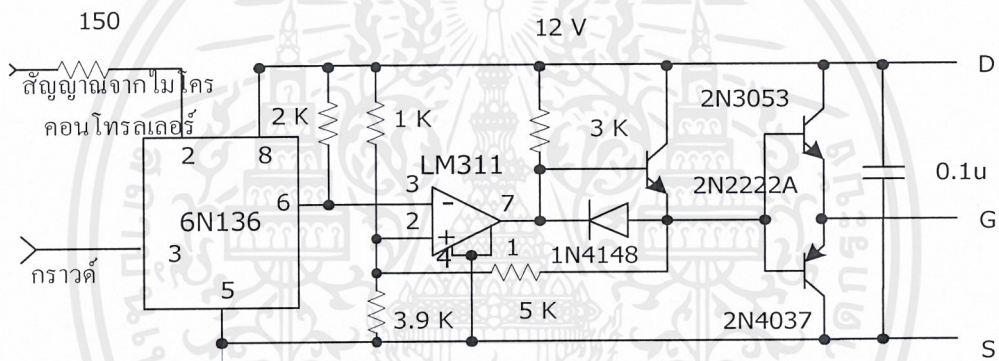
หลักการทำงานของโปรแกรมสามารถแสดงด้วยโฟลว์ชาร์ตดังนี้



### 3.3 วงจรขับเกทของเพาเวอร์มอสเฟต

#### 3.3.1 การออกแบบวงจรขับเกท

จากเหตุผลที่ควรมีการแยกกราวด์ระหว่างวงจรควบคุมและวงจรกำลังเพื่อป้องกันไม่ให้งานของวงจรกำลังไปรบกวนวงจรควบคุม ในโครงงานนี้จึงใช้ออปโตไอโซเลเตอร์เบอร์ 6N136 ทำหน้าที่แยกกราวด์ระหว่างวงจรกำลังและวงจรควบคุมออกจากกัน 6N136 สามารถป้องกันสัญญาณรบกวนได้ดี เอาท์พุทจากออปโตไอโซเลเตอร์จะผ่านบัฟเฟอร์เพื่อเพิ่มกระแสที่ใช้ในการอัดและคายประจุของค่าความจุไฟฟ้าภายในตัวเพาเวอร์มอสเฟต ซึ่งจะช่วยให้ใช้เวลาในการสวิตช์สั้นลง จากคุณสมบัติดังกล่าวทำให้ได้วงจรขับเกทดังรูปด้านล่าง



รูปที่ 3.3 วงจรขับเกทของเพาเวอร์มอสเฟต

#### 3.3.2 การทำงานของวงจรขับเกท

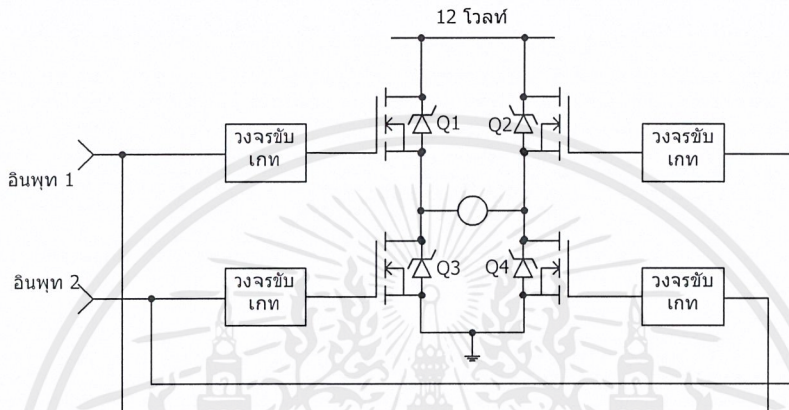
จากวงจรขับเกทด้านบนอธิบายได้ว่าสัญญาณที่ได้จากออปโตไอโซเลเตอร์จะกลับเฟสกับสัญญาณที่ส่งออกมาจากพอร์ตของ 8255 จึงต้องมีการกลับเฟสของสัญญาณอีกครั้งก่อนนำไปใช้ขับขาเกทของเพาเวอร์มอสเฟต ซึ่งสามารถทำได้โดยใช้วงจรเปรียบเทียบ (LM311) โดยนำสัญญาณนี้ต่อเข้ากับขาลบของ LM311 ซึ่งสัญญาณที่จุดนี้จะเป็นพัลส์ขนาด 12 โวลต์ ส่วนขาบวกของ LM311 เกิดจากการแบ่งแรงดันโดยใช้ความต้านทาน 1K และ 3.9K ทำให้ได้แรงดัน 9.5 โวลต์ ขณะที่สัญญาณที่ขาลบมากกว่าขาบวก จะได้สัญญาณเอาท์พุทของ LM311 เป็นศูนย์โวลต์ และในช่วงที่สัญญาณขาบวกมีค่ามากกว่าขาลบจะได้สัญญาณเอาท์พุทของ LM311 เป็น 12 โวลต์ ดังนั้นเราจะได้สัญญาณที่มีเฟสตรงกับสัญญาณที่ส่งออกมาจากพอร์ตของ 8255 ซึ่งจะนำไปใช้ขับเกทของเพาเวอร์มอสเฟตต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 วงจรขับดีซีมอเตอร์

#### 3.4.1 การออกแบบวงจรขับดีซีมอเตอร์

เพื่อให้มอเตอร์สามารถหมุนได้ 2 ทิศทางคือเดินหน้าและถอยหลังจะต้องต่อเพาเวอร์มอสเฟตเป็นแบบฟูลบริดจ์ดังรูป



รูปที่ 3.4 แสดงการต่อวงจรขับดีซีมอเตอร์

#### 3.4.2 การทำงานของวงจรขับดีซีมอเตอร์

เมื่ออินพุต 1 เข้ามาจะทำให้  $Q_1$  และ  $Q_4$  ทำงาน มอเตอร์จะหมุนในทิศทางหนึ่งและเมื่ออินพุต 2 เข้ามาจะทำให้  $Q_2$  และ  $Q_3$  ทำงานมอเตอร์ก็จะหมุนในอีกทิศทางหนึ่ง เช่น ถ้าอินพุต 1 มาจาก PA0 มอเตอร์จะหมุนเดินหน้า และเมื่ออินพุต 2 เข้ามาซึ่งอินพุต 2 นี้มาจาก PA1 มอเตอร์ก็จะหมุนถอยหลัง ซึ่งในขณะที่ต้องการให้มอเตอร์หมุนกลับทิศทางจะต้องใช้เวลาหน่วงประมาณ 1.0 วินาที เพื่อป้องกันไม่ให้เพาเวอร์มอสเฟตทำงานพร้อมกันทั้ง 4 ตัว

### 3.5 การควบคุมการเคลื่อนที่ของตัวรถ

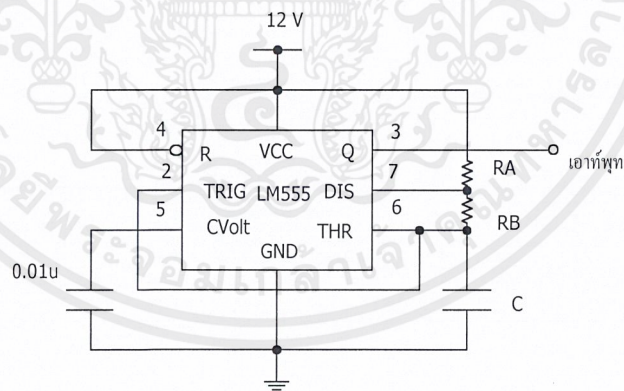
ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของตัวรถ การเคลื่อนที่ไปข้างหน้าจะประกอบด้วยความเร็ว 2 ระดับ คือวิ่งด้วยความเร็วเต็มที่และวิ่งด้วยความเร็วปานกลาง การวิ่งด้วยความเร็วเต็มที่จะสร้างสัญญาณไฟตรง 12 โวลต์ ป้อนให้กับขาเกตของตัวเพาเวอร์มอสเฟตทำให้มอเตอร์ทั้งสองข้างหมุนด้วยความเร็วสูงสุด การวิ่งด้วยความเร็วปานกลางจะสร้างสัญญาณพัลส์มีดิวตี้ไซเคิล 50 % ป้อนให้กับขาเกตของตัวเพาเวอร์มอสเฟตทำให้ตัวรถวิ่งด้วยความเร็วที่ช้า เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลง การวิ่งถอยหลังจะสร้างสัญญาณพัลส์มีคิวตี้ไซเคิล 50 % ทำให้มอเตอร์หมุนกลับทาง ในการเลี้ยวรถได้ออกแบบไว้ 2 แบบ คือการเลี้ยวขณะอยู่กับที่และการเลี้ยวขณะเคลื่อนที่ การเลี้ยวอยู่กับที่เป็นลักษณะการหมุนโดยการออกแบบให้ล้อทั้งสองข้างหมุนในทิศทางตรงข้ามกัน ด้วยสัญญาณพัลส์ซึ่งมีคิวตี้ไซเคิล 50 % ส่วนการเลี้ยวขณะเคลื่อนที่จะมีมอเตอร์เพียงข้างเดียวที่หมุน

### 3.6 การสร้างแหล่งจ่ายไฟให้วงจรขับเคลื่อน

#### 3.6.1 การออกแบบวงจรสร้างแหล่งจ่ายไฟให้วงจรขับเคลื่อน

เนื่องจากวงจรขับเคลื่อนแต่ละวงจรต้องการแหล่งจ่ายไฟที่เป็นอิสระต่อกันจึงใช้ทรานซิสเตอร์เมอร์ดับปลิงแยกกราวด์ระหว่างแหล่งจ่ายไฟของวงจรขับเคลื่อนแต่ละวงจรให้เป็นอิสระต่อกันโดยด้านไพรมารีของสวิทซ์ทรานซิสเตอร์เมอร์ ประกอบด้วยแหล่งกำเนิดสัญญาณพัลส์ที่ได้จากการนำไอซี 555 มาประยุกต์ใช้งานเป็นวงจรอะอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ และทรานซิสเตอร์ชนิด PNP เบอร์ BD140 ส่วนด้านเซคันดารีของสวิทซ์ทรานซิสเตอร์เมอร์ต่อกับฟูลบริดจ์เรกติไฟเออร์และฟิวเตอร์เพื่อแปลงจากไฟสลับเป็นไฟตรงพร้อมที่จะจ่ายเป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับวงจรขับเคลื่อน



รูปที่ 3.5 วงจรแสดงการต่อใช้งานของไอซี 555

จากวงจรแสดงการต่อใช้งานของไอซี 555 ที่ความถี่ 38 kHz และกำหนดคิวตี้ไซเคิล 7% สามารถคำนวณหาค่า  $R_A$  และ  $R_B$  ได้ดังต่อไปนี้

$$t_2/T = \text{คิวตี้ไซเคิล} \tag{3.1}$$

$$t_2 = 0.693 R_B C \tag{3.2}$$

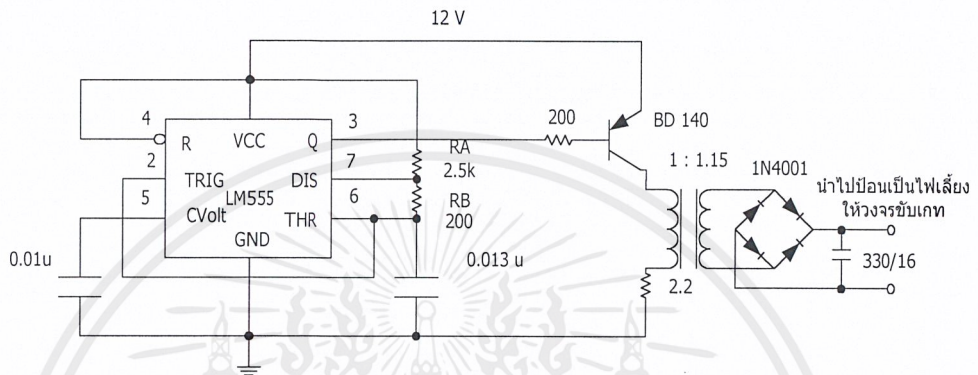
$$t_1 = 0.693 (R_A + R_B) C \tag{3.3}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ  $t_2$  คือ ช่วงเวลาขณะ off

T คือ 1 คาบเวลา

จะได้  $R_A = 2.5 \text{ k}\Omega$  และ  $R_B = 200\Omega$  วงจรที่ได้จากการออกแบบเป็นดังนี้



รูปที่ 3.6 วงจรที่ได้จากการออกแบบวงจรสร้างแหล่งจ่ายไฟให้กับวงจรขับเกท

### 3.6.2 การทำงานของวงจรสร้างแหล่งจ่ายไฟให้วงจรขับเกท

เมื่อไอซี 555 สร้างสัญญาณ Square Wave ความถี่ 38 กิโลเฮิร์ต คิวดีซีเคิล 7 เปอร์เซ็นต์ จะส่งสัญญาณนี้ไปยังสวิทช์ทรานสฟอเมอร์เพื่อทำการส่งผ่านสัญญาณนี้ไปยังวงจรเรียงกระแสและฟิวเตอร์เพื่อกรองให้เป็นแรงดันไฟตรง 12 โวลต์

## 3.7 วงจรชาร์จแบตเตอรี่

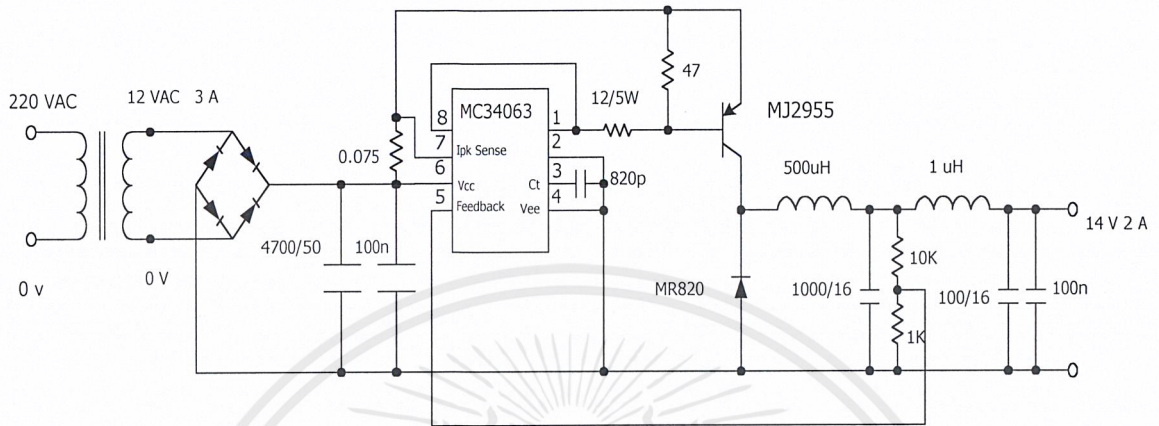
### 3.7.1 การออกแบบวงจรชาร์จแบตเตอรี่

สำหรับวงจรชาร์จแบตเตอรี่ได้นำ MC34063 มาใช้งานในลักษณะ Step-Down Converter กำหนดระดับแรงดันเอาท์พุทไว้ที่ 14 โวลต์ กระแส 2 แอมแปร์ โดยต่อวงจรในลักษณะของ External PNP Saturated Switch จากสูตรการคำนวณ

$$V_o = 1.25(1+R_2/R_1) \quad (3.4)$$

$$R_{sc} = 0.3/I_{pk}(\text{switch}) \quad (3.5)$$

จะได้  $R_2/R_1 = 10$  เท่า เลือกใช้  $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$  และ  $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$  และได้  $R_{sc} = 0.075 \Omega$



รูปที่ 3.7 แสดงวงจรชาร์จแบตเตอรี่

### 3.7.2 การทำงานของวงจรชาร์จแบตเตอรี่

ใช้ไอซี MC34063 ซึ่งเป็น dc-to-dc converter หลักการทำงานของ MC34063 คือใช้  $C_T$  ในการกำหนดพัลส์วิดท์มอดดูเลชั่นเพื่อเป็นอินพุตให้แอมป์เกตและสัญญาณรีเซ็ตของอาร์เอส ฟลิปฟล็อป สัญญาณเอาต์พุตของฟลิปฟล็อปจะเป็นตัวขับทรานซิสเตอร์ให้ทำงานเมื่อสัญญาณอินพุตที่แอมป์เกตเป็นหนึ่งทั้งคู่ โดยสัญญาณขาข้างหนึ่งเป็นเอาต์พุตที่ feedback กลับมา โดยการแบ่งแรงดันเอาต์พุตเปรียบเทียบกับแรงดันอ้างอิง 1.25 โวลต์ผ่านวงจรเปรียบเทียบ ซึ่งเอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบจะเป็น '1' เมื่อสัญญาณ feedback มีค่ามากกว่า 1.25 โวลต์

เมื่อทรานซิสเตอร์ทำงานจะมีกระแสไหลผ่านไปอัดประจุให้ตัวเก็บประจุและเมื่อทรานซิสเตอร์หยุดทำงานความต่อเนื่องในกระแสของตัวอินดักเตนซ์จะทำให้ไดโอดทำงานจนกระทั่งถึงช่วงเวลาที่ยังมีกระแสไหลไปอัดประจุให้ตัวเก็บประจุและเมื่อ

### 3.8 โครงสร้างของตัวรถ

การออกแบบลักษณะโครงสร้างของตัวรถแสดงได้ดังรูป 3.8 และรูป 3.9



รูปที่ 3.9 แสดงอัตราทดของมอเตอร์ต่อล้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

#### 4.1 การวัดความเร็วรอบของล้อขวาและล้อซ้าย

เมื่อทำการวัดความเร็วของล้อขวาและล้อซ้ายของตัวรถโดยใช้ Digital Tachometer จะได้ผลดังนี้

ตาราง 4.1 แสดงความเร็วของตัวรถในลักษณะการเคลื่อนที่ต่าง ๆ ขณะไม่มีโหลด

ลักษณะการเคลื่อนที่	ความเร็วของล้อขวา ( เมตร / นาที )	ความเร็วของล้อซ้าย ( เมตร / นาที )
เคลื่อนที่ไปข้างหน้า ( ความเร็วระดับที่ 1 )	4	3.875
เคลื่อนที่ไปข้างหน้า ( ความเร็วระดับที่ 2 )	3.875	3.75
เคลื่อนที่ถอยหลัง	3.6	3.5
เลียซ้าย ( ขณะเคลื่อนที่ )	3.875	0
เลียขวา ( ขณะเคลื่อนที่ )	0	3.75
เลียซ้าย ( ขณะหยุด )	3.875	3.5
เลียขวา ( ขณะหยุด )	3.6	3.75

จากตารางจะพบว่าความเร็วที่ได้มีค่าค่อนข้างต่ำเนื่องจากใช้อัตราทด 25:1 คือมอเตอร์หมุน 25 รอบต่อการหมุนของล้อรถ 1 รอบ และความเร็วของล้อซ้ายและล้อขวาจะแตกต่างกันเล็กน้อยเป็นผลมาจากความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ควบคุมล้อซ้ายและล้อขวามีค่าต่างกัน

#### 4.2 การวัดระยะวงเลียของตัวรถ

เมื่อทำการวัดระยะวงเลียของตัวรถในขณะที่รถหยุดอยู่กับที่และขณะที่กำลังเคลื่อนที่จะได้ผลดังนี้

ตาราง 4.2 แสดงระยะวงเลียของตัวรถ

ทิศทาง	วงเลี้ยวขณะอยู่กับที่ (เมตร)	วงเลี้ยวขณะเคลื่อนที่ (เมตร)
เลี้ยวขวา	0.48	0.96
เลี้ยวซ้าย	0.48	0.96

จากตารางจะพบว่าวงเลี้ยวขณะตัวรถหยุดอยู่กับที่เมื่อเลี้ยวซ้ายและเลี้ยวขวามีค่าเท่ากัน และเท่ากับความกว้างของตัวรถ แต่วงเลี้ยวขณะที่รถกำลังเคลื่อนที่ที่จะกว้างกว่าคือเท่ากับ 2 เท่าของความกว้างของตัวรถ

#### 4.3 การวัดกระแสที่มอเตอร์ต้องการ

เมื่อทดลองให้คนน้ำหนักต่าง ๆ นั่งบนตัวรถจะพบว่ากระแสที่คีชีมอเตอร์ 1 ตัวต้องการเป็นดังนี้

ตาราง 4.3 แสดงกระแสที่ใช้เมื่อให้คนน้ำหนักต่าง ๆ นั่งบนตัวรถ

น้ำหนัก ( กิโลกรัม )	กระแสที่ใช้ (แอมแปร์)
0	1.0
49	1.2
60	1.5
95	2.0

#### 4.4 การวัดรีปเปิ้ลของวงจรชาร์จแบตเตอรี่

ในส่วนของวงจรชาร์จแบตเตอรี่เมื่อทำการทดลองวัดรีปเปิ้ลที่โหลดต่าง ๆ ได้ผลการทดลองดังตารางนี้

ตาราง 4.4 ผลการทดลองวัดรีปเปิ้ลของวงจรชาร์จแบตเตอรี่

โหลด ( โอห์ม )	แรงดันรีปเปิ้ล ( $V_{pp}$ )	% รีปเปิ้ล
5.5	2	14.28
7	1	7.1
11	0.1	0.71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลและแนวทางการพัฒนาต่อ

จากเนื้อหาของโครงการที่ได้กล่าวมาสามารถสรุปได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ การทำงานจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการประมวลผลโดยรับสัญญาณอินพุตจากคีย์แพดแล้วสร้างสัญญาณเอาต์พุตออกไปควบคุมวงจรจับดีซีมอเตอร์โดยค่าของระดับสัญญาณที่ได้จะมีค่าแน่นอนเนื่องจากการใช้วงจรเปรียบเทียบทำการเปรียบเทียบระดับสัญญาณทำให้ระดับสัญญาณไฟบวกมีค่าสูงเท่ากับระดับไฟเลี้ยงวงจรแต่วงจรจะมีขนาดใหญ่กว่าการใช้ไอซีขับเพาเวอร์มอสเฟต จากเหตุผลที่วงจรจับเกทแต่ละวงจรจะต้องมีการแยกกันทางไฟฟ้าจึงได้ใช้ทรานสฟอร์เมอร์คัปปลิงแยกกราวด์ระหว่างแบตเตอรี่และวงจรจับเกทแต่ละวงจรให้เป็นอิสระต่อกัน และสัญญาณที่ได้จากวงจรจับเกทนี้สามารถนำไปขับเพาเวอร์มอสเฟตได้อย่างมีประสิทธิภาพทำให้ตัวรถเคลื่อนที่ไปในทิศทางต่าง ๆ เช่น ไปข้างหน้า , เลี้ยวซ้าย , เลี้ยวขวา , หรือถอยหลังได้ตามต้องการโดยการป้อนสัญญาณพัลส์เข้าขาเกทของตัวเพาเวอร์มอสเฟตเพื่อควบคุมความเร็วและทิศทางการหมุนของมอเตอร์ ในการเลี้ยวรถได้ออกแบบไว้ 2 แบบคือเลี้ยวขณะหยุดอยู่กับที่และเลี้ยวขณะกำลังเคลื่อนที่ การเลี้ยวขณะอยู่กับที่จะเป็นลักษณะการหมุนโดยการออกแบบให้ล้อทั้งสองข้างหมุนในทิศทางตรงข้ามกันแต่การเลี้ยวขณะเคลื่อนที่จะมีมอเตอร์เพียงข้างเดียวที่หมุน โดยวงเลี้ยวในขณะที่รถหยุดอยู่กับที่จะมีค่าเท่ากับความกว้างของตัวรถเนื่องจากล้อข้างหนึ่งจะหยุดอยู่กับที่ในขณะที่เลี้ยวรถและวงเลี้ยวในขณะที่ตัวรถเคลื่อนที่จะมีค่าเท่ากับสองเท่าของความกว้างของตัวรถ จากการใช้เกสียตัวหอนเป็นตัวทดทำให้สามารถรับน้ำหนักได้มากขึ้นแต่จะทำให้อัตราเร็วลดลงเนื่องจากความเร็วมอเตอร์มีค่าเท่าเดิม หากต้องการให้รถเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้นสามารถทำได้โดยเปลี่ยนดีซีมอเตอร์ให้มีความเร็วรอบสูงขึ้น

สำหรับวงจรชาร์จแบตเตอรี่ได้นำวงจรสวิทชิงเรกกูเลเตอร์มาใช้ซึ่งมีข้อดีคือมีประสิทธิภาพสูงทำงานด้วยการสวิทชิงที่ความถี่สูง 10-100 กิโลเฮิร์ตซ์ ทำให้ขนาดของอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น ตัวเหนี่ยวนำ, ตัวเก็บประจุมีขนาดเล็กลง การสูญเสียภายในตัวสวิทชิงทรานซิสเตอร์ต่ำทำให้ใช้ฮีตซิงค์ ( Heat Sink ) ขนาดเล็กลงได้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ORG          0000H

MOV          A,#80H

MOV          DPTR,#8003H ;กำหนดค่า controlport ของ 8255 เป็น output
MOVX        @DPTR,A
MOV          DPTR,#8000H ;set ค่า dptr ด้วย control port a
LJMP        BEGIN

;*****MAIN*****
FORL: MOV     A,#04H ;กำหนดค่า 4bits output ออกทาง port a
MOVX        @DPTR,A
LCALL       DELAY2 ;หน่วงเวลาสร้างลูกคลื่น 25%
MOV         A,#04H ;กำหนดค่า 4bits output ออกทาง port a
MOVX        @DPTR,A
LCALL       DELAY2 ;หน่วงเวลาสร้างลูกคลื่น 25%
CLR         A ;กำหนดค่า 4 bits output เป็น 0 ออกทาง port a
MOVX        @DPTR,A
LCALL       DELAY1 ;หน่วงเวลาสร้างลูกคลื่น 50%
JB          P1.0,TEMP0 ;check ว่า ปุ่มเดิินหน้าเร็วถูกกดหรือไม่
JB          P1.1,TEMP1 ;check ว่า ปุ่มเดิินหน้าถูกกดหรือไม่
GO: JB       P1.3,BACK6 ;check ว่า ปุ่มเด็ยวซ้ายถูกกดหรือไม่
SJMP        FORL ;ปุ่มเด็ยวซ้ายยังคงกดอยู่จะสร้างลูกคลื่นต่อไป
BACK6: JNB   P1.0,BACK7 ;ปุ่มเด็ยวซ้ายไม่ถูกกดcheckปุ่มเดิินหน้าเร็ว
LJMP        FOR
BACK7: LJMP  FORF
TEMP0: JB   P1.1,TEMP2 ;check ว่า ปุ่มเดิินหน้าถูกกดหรือไม่
SJMP        GO
TEMP2:LCALL DELAY ;ปุ่มเดิินหน้าเร็วและปุ่มเดิินหน้าไม่ถูกกดจะหน่วงเวลา2.5 วินาที
LJMP        BEGIN ;เริ่ม scan keys ใหม่
TEMP1: JB   P1.0,TEMP3 ;check ว่า ปุ่มเดิินหน้าเร็วถูกกดหรือไม่
SJMP        GO
TEMP3:LCALL DELAY ;ปุ่มเดิินหน้าเร็วและปุ่มเดิินหน้าไม่ถูกกดจะหน่วงเวลา2.5 วินาที
LJMP        BEGIN ;เริ่ม scan keys ใหม่

```

```

;*****

```

```

FORR: MOV     A,#01H ;กำหนดค่า 4bits output ออกทาง port a
MOVX        @DPTR,A
LCALL       DELAY2 ;หน่วงเวลาสร้างลูกคลื่น 25%

```

```

MOV      A,#01H      ;กำหนดค่า 4bits output ออกทาง port a
MOVX    @DPTR,A
LCALL   DELAY2
CLR     A
MOVX    @DPTR,A
LCALL   DELAY1      ;หน่วงเวลาสร้างลูกคลื่น 50%
JB      P1.0,TEMP4   ;check ว่า ปุ่มเดินหน้าเร็วถูกกดหรือไม่
JB      P1.1,TEMP5   ;check ว่า ปุ่มเดินหน้าถูกกดหรือไม่
GO1:    JB      P1.4,BACK8 ;check ว่า ปุ่มเลี้ยวขวาถูกกดหรือไม่
        SJMP   FORR   ;ปุ่มเลี้ยวขวายังคงกดอยู่จะสร้างลูกคลื่นต่อไป
BACK8:  JNB    P1.0,BACK9 ;ปุ่มเลี้ยวขวาไม่ถูกกดcheckปุ่มเดินหน้าเร็ว
        LJMP   FOR
BACK9:  LJMP   FORF
TEMP4:  JB      P1.1,TEMP6 ;check ว่า ปุ่มเดินหน้าถูกกดหรือไม่
        SJMP   GO
TEMP6:  LCALL  DELAY
        LJMP   BEGIN
TEMP5:  JB      P1.0,TEMP7 ;check ว่า ปุ่มเดินหน้าเร็วถูกกดหรือไม่
        JMP    GO1
TEMP7:  LCALL  DELAY
        LJMP   BEGIN
,*****
FORL1:  JMP    FORL
,*****
FOR:    JNB    P1.3,FORL1 ;check ว่ากดปุ่มเลี้ยวซ้ายหรือไม่
        JNB    P1.4,FORR ;check ว่ากดปุ่มเลี้ยวขวาหรือไม่
MOV     A,#05H      ;กำหนดค่า 4bits output ออกทาง port a
MOVX    @DPTR,A
LCALL   DELAY1      ;หน่วงเวลาสร้างลูกคลื่น 50 %
CLR     A           ;กำหนดค่า 4bits output เป็น 0 ออกทาง port a
MOVX    @DPTR,A
LCALL   DELAY1      ;หน่วงเวลาสร้างลูกคลื่น 50 %
JB      P1.1,BACK1  ;check ว่ากดปุ่มเดินหน้าหรือไม่
        SJMP   FOR    ;ยังกดปุ่มเดินหน้าอยู่สร้างลูกคลื่นต่อไป
BACK1:  LCALL  DELAY

```

```

LJMP      BEGIN      ;เริ่ม scan keys ใหม่
;*****
FORF:  JNB      P1.3,FORL1      ;check ว่าคปุ่มสีเขียวซ้ายหรือไม่
      JNB      P1.4,FORR      ;check ว่าคปุ่มสีเขียวขวาหรือไม่
      MOV      A,#05H      ;กำหนดค่า 4bits output ออกทาง port a
      MOVX     @DPTR,A
      JB       P1.0,BACK      ;check ว่าคปุ่มเดิรหน้าเร็วหรือไม่
      SJMP     FORF          ;ยังกดปุ่มเดิรหน้าเร็วอยู่สร้างลูกคลื่นต่อไป
BACK:  CLR      A           ;clear ค่าที่output port
      MOVX     @DPTR,A
      LCALL    DELAY        ; หน่วงเวลา 1.0 วินาที
      LJMP     BEGIN      ;เริ่ม scan keys ใหม่
;*****
;scan keys
BEGIN: JNB      P1.0,FORF
      JNB      P1.1,FOR
      JNB      P1.2,REV
      JNB      P1.3,LEFT
      JNB      P1.4,RIGHT
      SJMP     BEGIN
;*****
LEFT:  MOV      A,#06H      ;กำหนดค่า 4bits output ออกทาง port a
      MOVX     @DPTR,A
      LCALL    DELAY1       ; หน่วงเวลาสร้างลูกคลื่น 50 %
      CLR      A           ;กำหนดค่า 4bits output ออกทาง port a
      MOVX     @DPTR,A
      LCALL    DELAY1       ; หน่วงเวลาสร้างลูกคลื่น50%
      JB       P1.3,BACK4   ;check ว่าคปุ่มสีเขียวซ้ายหรือไม่
      SJMP     LEFT
BACK4: LCALL    DELAY        ; หน่วงเวลา 1.0 วินาที
      LJMP     BEGIN
;*****
RIGHT: MOV      A,#09H      ;กำหนดค่า 4bits output ออกทาง port a
      MOVX     @DPTR,A
      LCALL    DELAY1       ; หน่วงเวลาสร้างลูกคลื่น 50 %

```

```

CLR          A          ;กำหนดค่า 4bits output ออกทาง port a
MOVX        @DPTR,A
LCALL       DELAY1     ;หน่วงเวลาสร้างลูกคลื่น 50 %
JB          P1.4,BACK5 ;check ว่าคูปุ่มเดี่ยวขวาหรือไม่
SJMP       RIGHT
BACK5:LCALL DELAY      ; หน่วงเวลา 1.0 วินาที
LJMP       BEGIN

```

\*\*\*\*\*

```

REV:  MOV     A,#0AH    ;กำหนดค่า 4bits output ออกทาง port a
      MOVX    @DPTR,A
      LCALL   DELAY1    ;หน่วงเวลาสร้างลูกคลื่น 50 %
      CLR     A         ;กำหนดค่า 4bits output ออกทาง port a
      MOVX    @DPTR,A
      LCALL   DELAY1    ;หน่วงเวลาสร้างลูกคลื่น 50 %
      JB     P1.2,BACK3 ;check ว่าคูปุ่มถอยหลังหรือไม่
      SJMP   REV
BACK3 :LCALL  DELAY     ; หน่วงเวลา 1.0 วินาที
      LJMP   BEGIN

```

\*\*\*\*\*

;delay 2.5 second

```

DELAY: MOV     R3,#18H
LO1:   MOV     R2,#0FFH
LOOP:  MOV     R1,#0FFH
LOOP1: DJNZ    R1,LOOP1
      DJNZ    R2,LOOP
      DJNZ    R3,LO1
      RET

```

\*\*\*\*\*

;delay สร้างลูกคลื่น 50%

```

DELAY1:MOV     R0,#38H
LOOP2: DJNZ    R0,LOOP2
      RET

```

\*\*\*\*\*

;delay สร้างลูกคลื่น 25%

```
DELAY2:MOV      R0,#1CH
LOOP3: DJNZ     R0,LOOP3
      RET
      END
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

ความสำเร็จของปริญญาบัตรฉบับนี้บังเกิดขึ้นได้เพราะได้รับความช่วยเหลือด้านอุปกรณ์เครื่องมือ คำแนะนำและคำปรึกษาจากอาจารย์พลผดุง ผดุงกุลและอาจารย์ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ทุกท่านตลอดจนเพื่อน ๆ ทุกคนที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้ตลอดมา

จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

.....  
( นายกิตติพงษ์ ทวีทรัพย์เกษม )

.....  
( นางสาวกุลธิดา สุขโพธิ์เพ็ชร )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

1. สมบูรณ์ มาลานนท์ , “แหล่งจ่ายไฟแบบสวิทชิง ” , สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์ , 246 หน้า  
2536
2. รศ.ดร.สมเกียรติ ศุภเดช , “ สิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำ ” , คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบัน  
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , 228 หน้า , 2540
3. รศ.พลผดุง ผดุงกุล , “ อิเล็กทรอนิกส์กำลัง ” , คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระ  
จอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , 207 หน้า , 2543
4. motorola , “ Analog/Interface ICs Device Data Vol.I ” , 1996
5. silaresearch , “ V-3155 and SPI-LOAD Version 2.0 ” , 2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้