สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รถไฟฟ้าสำหรับคนพิการ

(Electric Wheelchair)

โดย

นายพิชญุตม์ ปิ่นพาณิชกุล

นายพิสุทธิ์ นาคสิเนหผล

วพ.
W639s
2549

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 72978
วัน,เดือน,ปี 26 มิ.ย. 2550

b 11119837
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รถไฟฟ้าสำหรับคนพิการ

(Electric Wheelchair)

โดย

นายพิชญุตม์ ปิ่นพาณิชกุล รหัส 46010518

นายพิสุทธิ์ นาคสิเนหผล รหัส 46010535

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.พลผดุง ผดุงกุล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2549

ภาควิชา อิเลคทรอนิคส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง รถไฟฟ้าสำหรับคนพิการ

Electric Wheelchair

ผู้จัดทำ

นายพิชญุตม์ ปิ่นพาณิชกุล รหัส 46010518

นายพิสุทธิ์ นาคสิเนหผล รหัส 46010535

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.พลผดุง ผดุงกุล

รายงานฉบับนี้ได้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

ชื่อ.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(.....)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รถไฟฟ้าสำหรับคนพิการ

นายพิชญุตม์ ปิ่นพาณิชกุล รหัส 46010518
นายพิสุทธิ์ นาคสิเนหผล รหัส 46010535

ผ.ศ.พลผดุง ผดุงกุล (อาจารย์ที่ปรึกษา)
ปีการศึกษา 2549

บทคัดย่อ

โครงงานนี้คือรถไฟฟ้าสำหรับคนพิการควบคุมโดยใช้ปุ่มกด ถูกขับเคลื่อนด้วย ดีซีมอเตอร์ ขนาด 12 โวลท์ ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลท์ เพื่อจ่ายพลังงานให้แก่วงจร ควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของรถ โดยการกดปุ่มไปในทิศทางที่ต้องการ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มาเชื่อมต่อระหว่างปุ่มกด กับอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อใช้เป็นตัวควบคุมทิศทางและความเร็วของมอเตอร์ เพื่อพัฒนาเป็นรถไฟฟ้าสำหรับคนพิการได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRIC WHEELCHAIR

Mr.Pichayut Pinpanichkul 46010518

Mr.Pisut Naksinehapol 46010535

Assis.Prof. Polpadung Padungkul (Advisor)

ABSTRACT

This project presents an electric wheelchair for handicap controlled by a pressing buttons. This wheel chair is able to move in 360 degrees and mainly controlled by the joystick. The main unit of the system include 12 volt DC motor powered from 12 volt battery for motion control. This motor is controlled by Microcontroller MCS-51 that receives signal from controller and transform the signal in the from Pulse Width Modulation to control Drive circuit for smooter ride

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ

อาจารย์ พลผดุง ผดุงกุล (อาจารย์ที่ปรึกษา) ที่ให้การอุปการะและคำปรึกษา เกี่ยวกับโครงงานนี้ ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง อาจารย์ทุกท่านสำหรับความรู้ในด้านอิเล็กทรอนิกส์ที่นำมาประยุกต์ใช้ในโครงงานนี้

คุณพ่อ คุณแม่ สำหรับการสนับสนุนในทุกๆเรื่องด้วยดีตลอดมาจนทำให้โครงงานนี้ เสร็จสมบูรณ์

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีในโครงงานนี้ ผู้จัดทำขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

.....

(นายพิชญุตม์ ปิ่นพาณิชกุล)

.....

(นายพิสุทธิ์ นาคสิเนหผล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ในปัจจุบันนี้ เทคโนโลยีทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ได้เจริญก้าวหน้าไปอย่างมากทำให้เครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ ได้พัฒนาเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็วรวมทั้งเทคโนโลยีทางด้านการอำนวยความสะดวกต่างๆ ดังนั้นโครงงานนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและออกแบบรถไฟฟ้าสำหรับคนพิการ และพัฒนาปรับปรุงเพื่อออกแบบวงจรให้ได้คุณสมบัติตามที่ต้องการ และสามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้จริง

พิชญุตม์ ปิ่นพาณิชกุล
พิสุทธิ์ นาคสิเนหผล
22 กันยายน 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
บทที่ 1	บทนำ	1
บทที่ 2	หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	2
	-เทคโนโลยี IGBT	2
	-โครงสร้างและสัญลักษณ์ของ IGBT	3
	-สภาวะนำกระแส	6
	-สภาวะหยุดนำกระแส	7
	-การแลตช์ใน IGBT	8
	-การป้องกันการแลตช์	9
	-วงรสมมูลของ IGBT	11
	-ลักษณะการสวิตช์	13
	-พื้นที่การทำงานที่ปลอดภัย	15
	-ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	17
	-โครงสร้างหน่วยความจำในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	19
	-หน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูล	20
	-รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	22
	-โครงสร้างการอินเตอร์รัปต์ของ MCS-51	23
	-ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	25
	-พอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	28
	-ทฤษฎีเกี่ยวกับแบตเตอรี่	29
บทที่ 3	การออกแบบวงจรและการทำงาน	31
	-วงจรขับมอเตอร์	31
	-คุณสมบัติของ HIP4080A	31
	-การควบคุมมอเตอร์	33
	-ภาคควบคุม	38
	-ขั้นตอนการโปรแกรมใช้งานไทม์เมอร์	40
	-ขั้นตอนการสร้างสัญญาณ PWM	40
	-การออกแบบวงจรชาร์จแบตเตอรี่	41
	-การออกแบบโครงสร้างรถ	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		หน้า
บทที่ 4	ผลการทดลอง	37
	-ตารางแสดงความเร็วของรถเมื่อสัญญาณ PWM มีค่า DUTYCYCLE 100% ที่น้ำหนักค่าต่างๆ	50
	-ตารางแสดงความเร็วของรถเมื่อสัญญาณ PWM มีค่า DUTYCYCLE 50% ที่น้ำหนักค่าต่างๆ	50
บทที่ 5	สรุปผลการทดลอง	51
บทที่ 6	ปัญหาที่พบและการแก้ไข	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

		หน้า
รูปที่ 2.1	สัญลักษณ์และการเรียกชื่อขาของ IGBT	3
รูปที่ 2.2	ภาพตัดขวางโครงสร้างพื้นฐานของ IGBT	4
รูปที่ 2.3	ก)กราฟแสดงลักษณะคุณสมบัติระหว่างกระแสและแรงดันของ IGBT ข)กราฟแสดงลักษณะสมบัติการถ่ายโอนของ IGBT	5
รูปที่ 2.4	ทิศทางการไหลของอิเล็กตรอนและโฮลในขณะนำกระแส	6
รูปที่ 2.5	โครงสร้างที่ปรับปรุงเพื่อป้องกันการแลตช์ใน IGBT	9
รูปที่ 2.6	ก)แสดงโครงสร้างที่มีทรานซิสเตอร์และมอสเฟตแฝงอยู่ภายใน ข)วงจรสมมูลสำหรับการทำงานสภาพปกติของ IGBT ค)วงจรสมมูลที่แสดงส่วนของไทริสเตอร์ที่แฝงอยู่ใน IGBT	11
รูปที่ 2.7	ก)ลักษณะของกระแสและแรงดันขณะนำกระแส ข)ลักษณะของกระแสและแรงดันขณะหยุดนำกระแส	13
รูปที่ 2.8	ก)พื้นที่การทำงานที่ปลอดภัยในสภาวะไบอัสตรง ข)พื้นที่การทำงานที่ปลอดภัยในสภาวะไบอัสกลับ	15
รูปที่ 2.9	แสดงโครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	18
รูปที่ 2.10	แสดงรูปร่างและการจัดวางขาต่างๆของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	19
รูปที่ 2.11	แสดงการจัดหน่วยความจำข้อมูล	21
รูปที่ 2.12	แสดงการต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกไอซี	22
รูปที่ 2.13	โครงสร้างของระบบอินเตอร์รัปต์ภายใน MCS-51	24
รูปที่ 2.14	แสดงโครงสร้างการทำงานของไทม์เมอร์โหมด 0	26
รูปที่ 2.15	แสดงโครงสร้างการทำงานของไทม์เมอร์โหมด 1	26
รูปที่ 2.16	แสดงโครงสร้างการทำงานของไทม์เมอร์โหมด 2	27
รูปที่ 2.17	แสดงโครงสร้างการทำงานของไทม์เมอร์โหมด 3	27
รูปที่ 3.1	แสดงไอซีเบอร์ HIP4080A	32
รูปที่ 3.2	แสดงการป้อนสัญญาณของวงจรขณะมอเตอร์หมุนไปข้างหน้า	35
รูปที่ 3.3	แสดงการป้อนสัญญาณของวงจรขณะมอเตอร์หมุนไปข้างหลัง	35
รูปที่ 3.4	Block Diagram แสดงการทำงานของ HIP4080A	36
รูปที่ 3.5	แสดงวงจรสมบูรณ์ของวงจรขับมอเตอร์	37
รูปที่ 3.6	วงจรชาร์จแบตเตอรี่	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

รูปที่ 3.7	โครงสร้างรถด้านหน้า	44
รูปที่ 3.8	โครงสร้างรถด้านหลัง	44
รูปที่ 3.9	โครงสร้างรถด้านข้างทั้ง 2 ด้าน	45
รูปที่ 4.1	แสดงสัญญาณที่วัดระหว่างขาBHOกับเอาต์พุตโดยสัญญาณ PWM มีค่า DUTYCYCLE 50%	46
รูปที่ 4.2	แสดงสัญญาณที่วัดระหว่างขาBHOกับเอาต์พุตโดยสัญญาณ PWM มีค่า DUTYCYCLE 25%	47
รูปที่ 4.3	แสดงสัญญาณที่วัดระหว่างขาเกตของIGBTกับเอาต์พุตโดยสัญญาณ PWM มีค่า DUTYCYCLE 50%	48
รูปที่ 4.4	แสดงสัญญาณที่วัดระหว่างขาALOกับเอาต์พุต	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

เนื่องจากปัจจุบันมีคนพิการขาเป็นจำนวนมาก และไม่สามารถที่จะช่วยเหลือตัวเองได้เป็นจำนวนมากเช่นกัน ดังนั้นคงจะดีไม่น้อยที่คนพิการทางขาจะสามารถช่วยเหลือตัวเองโดยการเดินทางไปในสถานที่ต่าง ๆ ได้ด้วยตนเองถึงแม้ว่าจะมีรถเข็นที่ควบคุมได้ด้วยไฟฟ้าเป็นจำนวนมาก แต่ยังมีราคาที่สูงมาก ไม่เหมาะสมกับผู้ด้อยโอกาส ดังนั้นทางกลุ่มจึงได้แนวคิดที่จะประดิษฐ์รถไฟฟ้าสำหรับคนพิการในราคาที่ย่อมเยาว์ เพื่อช่วยเหลือผู้พิการที่มีทุนทรัพย์ไม่มากได้รับความสะดวกสบายในการไปสถานที่ต่าง-ๆ โดยรถไฟฟ้าสำหรับคนพิการนี้จะถูกควบคุมด้วยจอยแพดซึ่งติดอยู่กับตัวรถ โดยสั่งงานผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษา และเรียนรู้การประยุกต์การใช้งานไมโครคอนโทรเลอร์ในการประยุกต์ใช้งานในรูปแบบด่าง ๆ
2. เพื่อศึกษาการทำงาน และออกแบบวงจรขับมอเตอร์
3. เพื่อศึกษา และเรียนรู้การออกแบบทางเครื่องกล

ขอบเขตของโครงงาน

ทำรถไฟฟ้าสำหรับคนพิการที่สามารถควบคุมได้ด้วยจอยแพด เพื่อให้คนพิการสามารถใช้งานได้อย่างสะดวก ปลอดภัย เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตของคนพิการให้ดียิ่งขึ้น

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ได้เรียนรู้การทำงานเป็นทีม และใช้เวลาว่างให้เป็นประโยชน์
2. ได้ศึกษา และเรียนรู้การทำงานของไมโครคอนโทรเลอร์
3. ได้ศึกษา เรียนรู้ และหลักการออกแบบวงจรสำหรับขับมอเตอร์
4. ได้ศึกษา เรียนรู้ และออกแบบการออกแบบทางโครงสร้างทางแมคคานิกส์
5. ได้ช่วยเหลือสังคม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เทคโนโลยีไอจีบีที IGBT

ความล้ำหน้าทางเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์คือจุดกำเนิดของ Insulate Gate Bipolar Transitor : IGBT หากจะกล่าวถึงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้งานในด้านเพาเวอร์กำลังหรือเพาเวอร์คอนโทรล ก็เห็นจะมีอยู่ไม่กี่ชนิด ซึ่งในแต่ละชนิดก็มีข้อจำกัดและความสามารถในการทำงาน ที่แตกต่างกันออกไปตามลักษณะของการนำไปใช้ควบคุมงานด้านต่างๆซึ่งอาจจะรวมไปถึงความไม่ล้าสมัยเร็วจนเกินไปของอุปกรณ์ที่ถูกเลือกมาใช้งานด้วย

อุปกรณ์เพาเวอร์อิเล็กทรอนิกส์คอนโทรล ที่พอจะคุ้นเคยและใช้งานกันอย่างกว้างขวางในขณะนี้ ก็เห็นจะหนีไม่พ้นเอสซีอาร์ (SCR) ไตรแอก (TRIAC) ทรานซิสเตอร์กำลังและมอสเฟต โดยเฉพาะทรานซิสเตอร์และมอสเฟตที่จะเป็นจุดพัฒนาการของอุปกรณ์ชนิดใหม่นี้ ซึ่งอุปกรณ์ทั้งสองชนิด ก็มีคุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไป กล่าวคือ

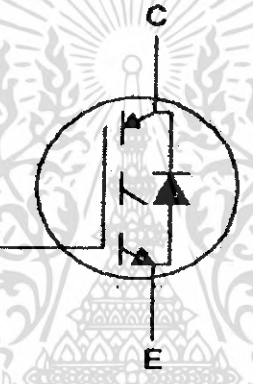
ทรานซิสเตอร์กำลังขณะอยู่ในสภาวะนำกระแสจะมีอัตราการสูญเสียกำลังงานต่ำ มีอัตราแรงดันและขยายกระแสได้สูงแต่ความเร็วในการสวิตช์ทำงานยังต่ำอยู่โดยเฉพาะช่วงหยุดนำกระแส จะมีช่วงเวลาที่ยาวกว่า ซึ่งจะเป็นคุณสมบัติที่ตรงข้ามกับเพาเวอร์มอสเฟตที่มีความเร็วในการสวิตช์ทำงานนำกระแสและหยุดนำกระแสได้เร็วกว่ามาก แต่ก็มีอัตราการสูญเสียกำลังงานสูงมากเช่นกัน

จากเหตุผลที่กล่าวมาของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์และเพาเวอร์มอสเฟตจึงได้มีการพัฒนาอุปกรณ์ประเภทนี้ จนสามารถได้อุปกรณ์เพาเวอร์อิเล็กทรอนิกส์คอนโทรลชนิดใหม่ขึ้นมา โดยคุณสมบัติต่างๆจะรวมเอาข้อได้เปรียบของทรานซิสเตอร์ไบโพล่าร์และมอสเฟตเข้ามารวมไว้ในอุปกรณ์ชนิดใหม่นี้ โดยมีการตั้งชื่อหรือเรียกชื่ออย่างเป็นทางการว่า ไอจีบีที (Insulate Gate Bipolar Transistor : IGBT)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างและสัญลักษณ์

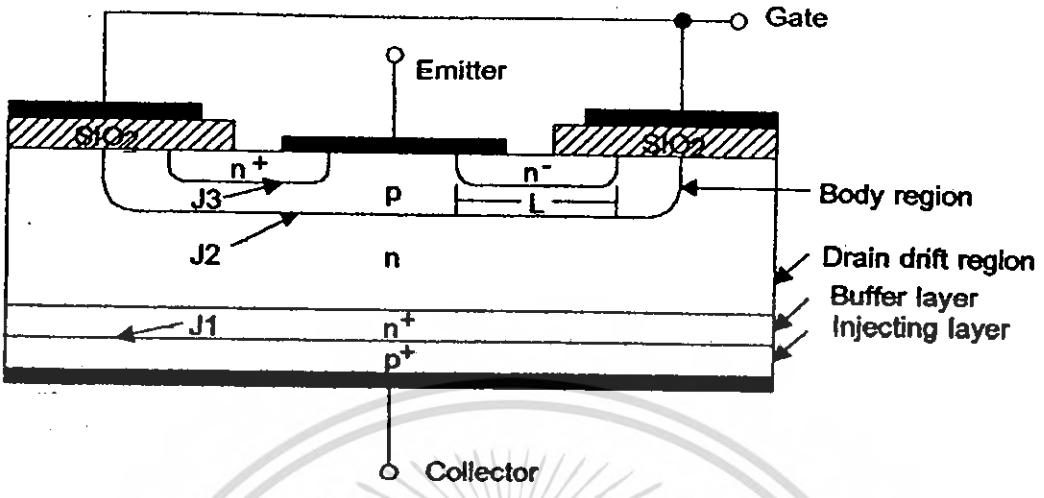
IGBT ค่อนข้างจะเป็นอุปกรณ์ชนิดใหม่อยู่ โดยเฉพาะในตลาดอิเล็กทรอนิกส์เมืองไทย ซึ่งก็พอจะมีใช้กันบ้างและมีจำหน่ายกันหลายเบอร์ด้วยกันจากความเป็นอุปกรณ์หน้าใหม่จึงมีสัญญาณแทนชนิดและตัวIGBTอยู่หลายรูปแบบด้วยกันขึ้นอยู่กับผู้ผลิตว่าจะใช้สัญลักษณ์ใดเป็นสัญลักษณ์ประจำสินค้าที่ผลิตขึ้น จากที่พบมากที่สุดก็มีใช้กันอยู่สองแบบ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.1 ซึ่งเป็นสัญลักษณ์และชื่อเรียกขาต่างๆของ IGBT ชนิดเอ็นแชนแนล



รูปที่ 2.1 สัญลักษณ์และการเรียกชื่อขาของ IGBT ทั้ง 2 แบบ

จากรูปที่ 2.1 (ก) จะเห็นว่ามีลักษณะคล้ายสัญลักษณ์ของมอสเฟตมาก เพียงแต่ว่าสัญลักษณ์ของ IGBT นั้นจะมีลูกศรเพิ่มขึ้นมาตรงขาเดรนลักษณะของลูกศรจะชี้เข้าหาตัวหรือชี้เข้าหาชั้นของซิลิคอนภายในตัว IGBT ในบทความนี้จะใช้สัญลักษณ์ในรูป (ข) จะเหมือนกับสัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์ แต่ตรงขาเกต (หรือเบสของทรานซิสเตอร์) จะเพิ่มขีดขึ้นมานี้ไม่ได้ต่อถึงกันโดยตรงกับขาที่ต่อออกมาภายนอก

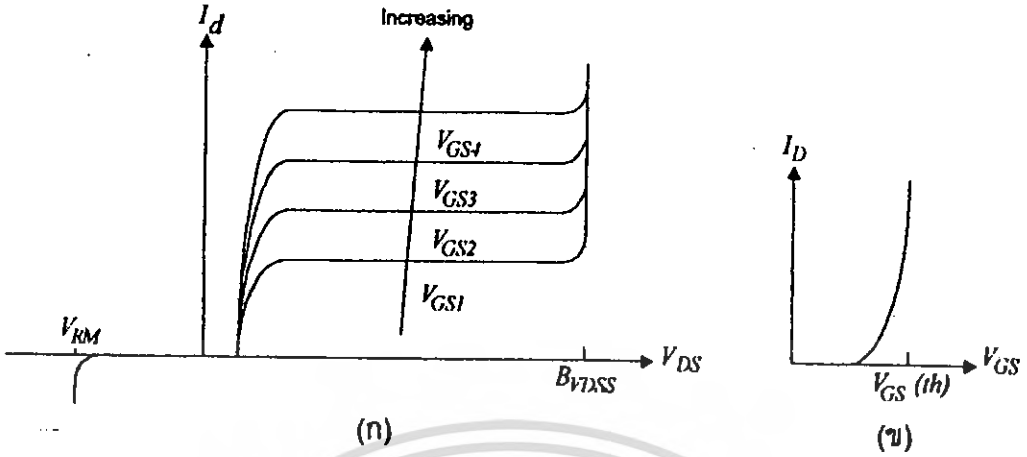
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ภาพตัดขวางโครงสร้างพื้นฐานของ IGBT

โครงสร้างของ IGBT ขนิดเอ็นแชนแนลแสดงเป็นภาพตัดขวางได้ดังรูปที่ 2.2 โครงสร้างโดยรวมส่วนใหญ่มีลักษณะคล้ายกับโครงสร้างของมอสเฟตมากจะแตกต่างกันตรงที่ IGBT จะมีชั้น P+ หรืออินเจ็กติ้ง (injecting) ต่ออยู่ระหว่างขาเดรน ซึ่งในมอสเฟตนั้นไม่มี จากการที่ขาเกตถูกกั้นด้วยชั้นของซิลิคอนออกไซด์ (SiO2) เป็นผลทำให้ความต้านทานอินพุตที่ขาเกตมีค่าสูงมากเหมือนกับเพาเวอร์มอสเฟต โดยทั่วไปจะมีค่าอยู่ในช่วง 109 โอห์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 (ก) กราฟแสดงลักษณะคุณสมบัติระหว่างกระแสและแรงดันของ IGBT
(ข) กราฟแสดงลักษณะสมบัติการถ่ายโอนของ IGBT

จากผลดังกล่าวทำให้ลักษณะของกราฟแสดงคุณสมบัติของกระแสและแรงดันของ IGBT มีลักษณะคล้ายกราฟของทรานซิสเตอร์ แต่การควบคุมกระแสเดรน จะอาศัยการควบคุมแรงดันระหว่างขาเกตกับขาซอร์สมากกว่า การควบคุมกระแสที่ขานี้เหมือนกับทรานซิสเตอร์ ซึ่งกราฟแสดงคุณสมบัติของกระแสและแรงดันของ IGBT แสดงไว้ในรูปที่ 2.3 (ก) และสำหรับรูปที่ 2.3 (ข) เป็นกราฟคุณสมบัติการถ่ายโอนกระแสและแรงดัน

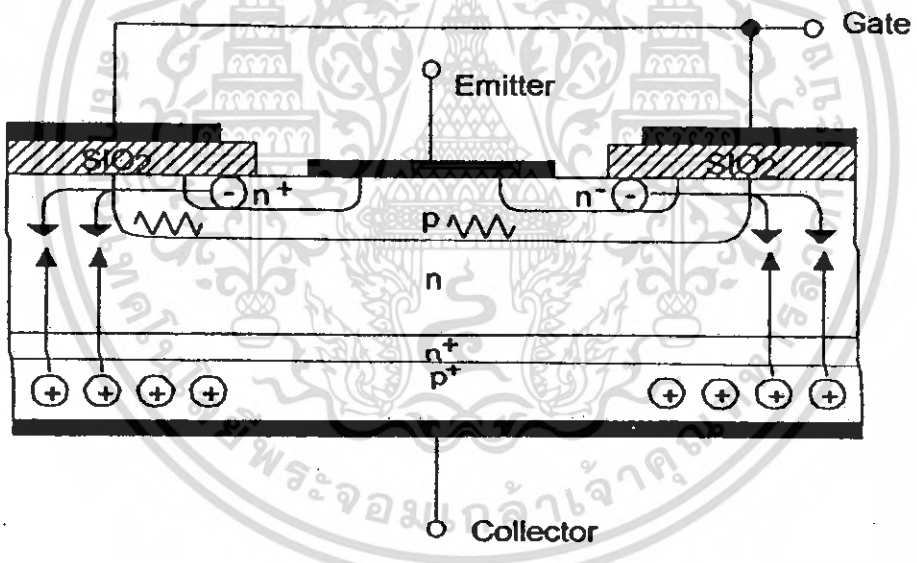
รูปกราฟแสดงให้เห็นว่าส่วนใหญ่ของเส้นกราฟจะมีลักษณะเป็นเส้นตรงแต่จะเริ่มโค้งที่กระแสเดรนมีค่าต่ำๆ นั่นก็คือจุดที่แรงดันระหว่างขาเกตและขาซอร์สต่ำลง ใกล้แรงดันจุดเริ่มเปลี่ยนสภาวะการทำงาน (จุด Threshold Voltage : Vgs (th)) โดยถ้าแรงดันระหว่างหยุดนำกระแสหรือคัดออฟ ในกรณีของ IGBT ชนิดพีแชนแนลนั้น คุณสมบัติจะคล้ายกับเอ็นแชนแนล แต่โครงสร้างและสัญลักษณ์จะมีลักษณะตรงข้ามกับเอ็นแชนแนลเช่น ชนิดของสารที่โด๊ฟจากเอ็นแชนแนล ก็จะเปลี่ยนเป็นตรงกันข้าม สัญลักษณ์ลูกศรก็จะกลับเอาหัวลูกศรกลับไปในทางตรงกันข้าม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาวะนำกระแส

เมื่อขาเดรนได้รับแรงดันไบอัสตรงคือเป็นบวกเทียบกับซอร์ส และแรงดันระหว่างเกตกับซอร์สมีค่าเกิน Vgs (th) ประจุไฟฟ้าบวกที่เกิดจากแรงดันที่ขาเกตจะดึงเอาอิเล็กตรอน ให้มารวมกันอยู่ในบริเวณภายใต้เกต ทำให้ชั้นบอดี้ (body layer) ตรงส่วนใต้เกตแปรสภาพเป็น n ทำให้เกิดการต่อกันของบริเวณ n+(source region) ซึ่งลักษณะเช่นนี้เหมือนกับการทำงานของมอสเฟต

กระแสอิเล็กตรอนที่ไหลจากขาซอร์สผ่านบริเวณใต้เกตมายังบริเวณลอยเลื่อน n- จะรวมกับโฮล ที่เป็นพาหะข้างน้อยที่ถูกฉีดมาจากชั้นอินเจ็กติ้ง P+ (ดูรูปโครงสร้างในรูปที่2) เพราะรอยต่อ J1 ได้รับแรงดันไบอัสตรง ทำให้ IGBT อยู่ในสภาวะนำกระแส เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าจากเดรนไปซอร์สได้ การรวมกันของโฮลและอิเล็กตรอนภายในบริเวณ n- เรียกว่า การมอดูเลตสภาพนำ (conductivity modulation)



รูปที่ 2.4 ทิศทางการไหลของอิเล็กตรอนและโฮลในขณะนำกระแส

ผลของการมอดูเลตนี้จะทำให้ความต้านทานของบริเวณ n- มีค่าต่ำลงเป็นการเพิ่มความสามารถในการขับผ่านกระแสได้สูงขึ้น ซึ่งจะมีลักษณะเหมือนกับทรานซิสเตอร์กำลัง ผลของความต้านทานที่ลดลง ทำให้แรงดันตกคร่อมที่สภาวะนำกระแสลดลง การสูญเสียกำลังงานขณะนำกระแสจึงลดลงด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาวะหยุดนำกระแส

เมื่อแรงดันระหว่างเกตและซอร์สลดลงต่ำกว่าแรงดัน Vgs (th) ทำให้มีแรงดันไม่เพียงพอสำหรับการแปรสภาพชั้นบอดี้ p เป็น n ได้ ทำให้บริเวณ n- ไม่ต่อกับบริเวณซอร์ส n+ IGBTจึงอยู่ในสภาวะหยุดนำกระแส ในสภาวะนี้รอยต่อ J2 ที่ได้รับแรงดันไบอัสกลับ จะทำให้เกิดกระแสรั่วไหลเพียงเล็กน้อยเท่านั้น นอกจากนี้ยังทำให้เกิดบริเวณปลอดพาหะ (depletion region) ขึ้นที่รอยต่อ J2 ด้วย

บริเวณปลอดพาหะนี้จะขยายบริเวณกว้างขึ้นจนเกินเข้ามายังบริเวณ n- มากกว่าที่จะขยายไปยังบริเวณชั้นบอดี้ p ทั้งนี้เพราะชั้นบอดี้ p มีความหนาแน่นในการโด๊ปสารมากกว่า ถ้าความหนาแน่นของสารที่โด๊ปในบริเวณลอยเลื่อน n- มากเพียงพอ ก็จะทำให้การขยายของบริเวณปลอดพาหะ ไม่สามารถแตะกับชั้นอินเจ็กติ้ง p+ ได้ ชั้นบัฟเฟอร์ n+ (buffer layer) (ดังในรูปที่2.2) ก็ไม่จำเป็นต้องทำให้เกิดขึ้นหรือไม่จำเป็นต้องโด๊ปสาร

ทั้งนี้เพราะการแตะกันของบริเวณทั้งสองจะทำให้เกิดการพังทลายทางด้านไบอัสตรง สำหรับ IGBT ที่ไม่มีการโด๊ปสารในชั้นบัฟเฟอร์ n+ นี้ จะเรียกว่า IGBT แบบสมมาตร ซึ่งจะมีอัตราทนแรงดันย้อนกลับ (Vrm หรือ BVsds) สูงพอๆกับค่าอัตราทนแรงดันไหลตรง (BVdss) เหมาะสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

การลดความหนาของบริเวณ n- ลงแต่ยังคงความสามารถของอัตราทนแรงดันไหลตรงไว้สามารถทำได้โดยเพิ่มชั้นบัฟเฟอร์ n+ เข้าไปเพื่อป้องกันการแตะกันของบริเวณปลอดพาหะ กับบริเวณอินเจ็กติ้ง p+ ซึ่งจะเรียก IGBT ชนิดนี้ว่า IGBT แบบไม่สมมาตร และจากการลดความหนาของบริเวณลอยเลื่อน n- ลง จะช่วยส่งผลให้เกิดข้อดีสองประการคือ

-ทำให้แรงดันตกคร่อมขณะนำกระแสต่ำลง เป็นผลให้การสูญเสียกำลังงานลดน้อยลงด้วย

-ช่วยลดช่วงเวลาหยุดนำกระแสให้สั้นลงด้วย

แต่ข้อเสียของการเพิ่มชั้นบัฟเฟอร์ n+ ก็มี คือจะลดความสามารถของอัตราทนแรงดันย้อนกลับให้น้อยลงเหลือเพียงไม่กี่สิบโวลต์ ทั้งนี้เพราะเมื่อ IGBT ได้รับแรงดันไบอัสกลับ ที่ขาเดรนรอยต่อ J1 ซึ่งทั้งสองข้างมีความหนาแน่นในการโด๊ปของสารมาก จะไม่สามารถทนแรงดันย้อนกลับได้สูง ดังนั้น IGBT ชนิดนี้จึงไม่เหมาะที่จะนำไปใช้ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ อิเล็กตรอนและโฮลแสดงไว้ในรูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแลตช์ใน IGBT

นอกจากโฮลส่วนใหญ่ที่รวมกับอิเล็กตรอนภายใต้บริเวณ n- แล้ว ยังมีกระแสโฮลบางส่วนที่ไหลข้ามบริเวณ n- เข้าสู่บริเวณชั้นบอดี้ p โดยตรงผลของกระแสโฮลนี้ทำให้เกิด แรงดันตกคร่อมความต้านทานข้างเคียง (Interal resistance) ดังในรูป 2.4 ถ้าแรงดันนี้มีค่ามากพอคือประมาณ 0.7 โวลต์ จะทำให้รอยต่อ J3 ได้รับไบอัสตรงเป็นผลให้อิเล็กตรอน จากบริเวณซอร์ส n+ ถูกฉีดเข้าไปในชั้นบอดี้ p

ถ้าดูจากวงจรสมมูลในรูปที่ 2.6 (ค) จะหมายถึงขาเบสและอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์เอ็นพีเอ็น ได้รับแรงดันไบอัสตรงส่งผลให้ไทริสเตอร์ ซึ่งแฝงอยู่ในโครงสร้างของ IGBT อยู่ในสภาวะแลตช์การนำกระแส ทำให้ที่ขาเกตไม่สามารถควบคุมปริมาณของกระแสเดรนนี้จะขึ้นอยู่กับตัวต้านทานที่นำมาต่อในวงจรภายนอก ถ้าหากมีการแลตช์เกิดขึ้นเป็นเวลานาน อาจทำให้ IGBT เสียหายได้ เพราะมีการสูญเสียกำลังงานเกินค่าพิกัดที่ทนได้

ส่วนใหญ่หรือเป็นมาตรฐานคู่มือของผู้ผลิต มักจะมีการบอกค่ากระแสเดรนสูงสุด ที่สามารถไหลผ่าน IGBT ได้โดยยังไม่เกิดการแลตช์ขึ้น (Idm) แต่เนื่องจากกระแสเดรน ถูกกำหนดหรือควบคุมโดยตรง จากแรงดันระหว่างขาเกตกับซอร์ส บางครั้งคู่มือจึงบอกค่าแรงดันระหว่างเกตและซอร์สสูงสุดที่จะไม่ทำให้เกิดการแลตช์แทนการบอกค่ากระแสเดรนสูงสุด (Idm)

การแลตช์ที่กล่าวถึงข้างต้นเรียกว่าการแลตช์ในโหมดสแตติก เพราะเกิดขึ้นเมื่อกระแสที่ไหลในสภาวะนำกระแส มีค่าเกิน Idm แต่ลักษณะการแลตช์นี้อาจเกิดขึ้นได้เรียกว่าในโหมดไดนามิก ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนการทำงาน จากสภาวะนำกระแสเข้าสู่สภาวะหยุดนำกระแสได้ด้วยบางครั้งการแลตช์นี้อาจเกิดขึ้นได้แม้ว่ากระแสเดรนขณะนำกระแสยังมีค่าต่ำกว่าค่า Idm ก็ตามทั้งนี้เพราะเมื่อ IGBT เริ่มหยุดนำกระแส กระแสเดรนจะตกลงอย่างรวดเร็ว รอยต่อ J2 จะต้องรับแรงดันย้อนกลับที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเช่นกัน

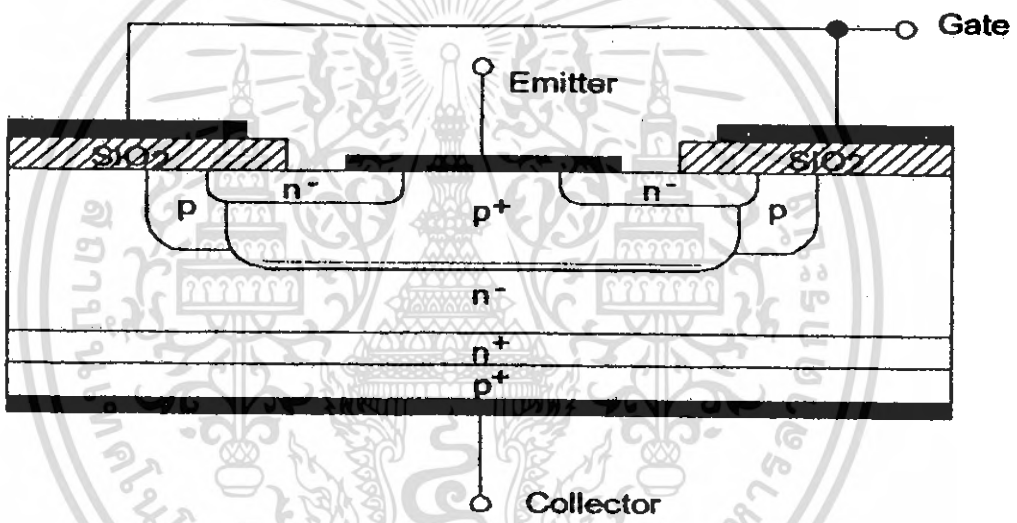
ผลที่เกิดขึ้นจะทำให้บริเวณปลอดพาหะขยายบริเวณชั้นบอดี้ p โดยเฉพาะจะขยายบริเวณ n- มากกว่า เพราะมีความหนาแน่นของการโด๊ปต่ำกว่า การขยายบริเวณปลอดพาหะอย่างรวดเร็วจะทำให้โฮลที่ค้างอยู่ในบริเวณ n- ขณะนำกระแสและยังไม่ได้รวมกับอิเล็กตรอนหลุดรอดจากการขัดขวางของบริเวณรอยต่อพาหะเข้าไปสะสมอยู่ในบริเวณรอยต่อ J2 เป็นการเพิ่มกระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานข้างเคียงให้สูงขึ้น ทำให้ไทริสเตอร์ภายใน IGBT เกิดการแลตช์ขึ้นได้ เมื่อเกิดการแลตช์แรงดันตกคร่อมขาซอร์สและเดรนขณะนำกระแส จะมีค่าต่ำกว่าระดับปกติ นอกจากนี้การแลตช์ยังสามารถเกิดขึ้นได้อีกในขณะที่กระแสเดรนยังมีค่าต่ำกว่า Idm อยู่ได้เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การป้องกันการแลตช์

การหลีกเลี่ยงการแลตช์ของ IGBT สามารถทำได้ทั้งผู้ผลิตและผู้ใช้งานเอง ผู้ผลิตอาจจะออกแบบโครงสร้างในส่วนบริเวณบอดี้ p ให้มีความต้านทานข้างเคียงค่าต่ำที่สุด เพื่อจะได้เพิ่มค่าของ Idm ให้มากที่สุด ซึ่งเป็นการลดโอกาสที่จะเกิดการแลตช์ลงได้

วิธีแรกอาจทำได้โดยลดความกว้างของบริเวณซอร์ส n+ ลงนั่นคือลด Ls ที่แสดงในรูป 2 ลงนั่นเอง



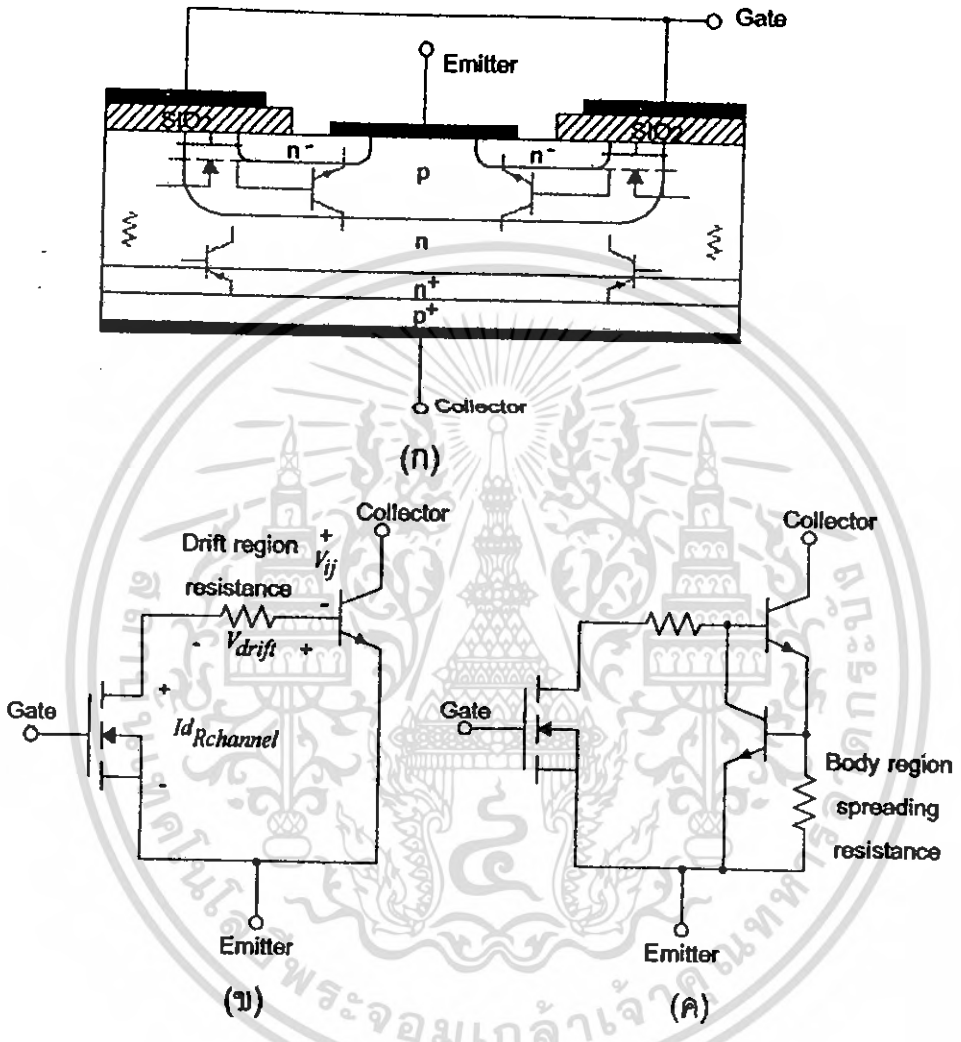
รูปที่ 2.5 โครงสร้างที่ปรับปรุงเพื่อป้องกันการแฉตช์ใน IGBT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีที่สองเป็นการแบ่งระดับความหนาแน่นในการโด๊ปสารของบริเวณบอดี้ p ดังรูปที่ 5 จะเห็นว่าบริเวณบอดี้ p ภายใต้เกตจะโด๊ปด้วยความหนาแน่นในระดับปกติ 1016 cm -3 และมีความหนาน้อยกว่าของบริเวณซอร์ส n+ แต่ส่วนอื่นที่เหลือของบริเวณบอดี้ p จะโด๊ปด้วยความหนาแน่นที่มากกว่าคือ 1019 cm -3 รวมถึงความหนาก็จะมากกว่า ด้วยการทำเช่นนี้จะทำให้เพิ่มความสามารถในการนำกระแสให้สูงขึ้น เป็นการลดความต้านทานข้างเดียงให้น้อยลงได้ สำหรับผู้ใช้งานก็สามารถป้องกันการแลตช์ในโหมดสแตติกได้ โดยออกแบบไม่ให้กระแสที่ไหลในโหลดเกินค่ากระแส Idm และป้องกันการแลตช์ในโหมดไดนามิกได้ โดยหน่วงเวลาขณะหยุดนำกระแสให้ยาวนานขึ้นเพื่อให้โฮลที่ยังค้างอยู่ในบริเวณ n- มีเวลาพอที่จะรวมกับอิเล็กตรอน เป็นการลดกระแสที่ไหลผ่านความต้านทานข้างเดียงให้น้อยลงได้ การหน่วงเวลาขณะหยุดนำกระแสให้ยาวนานขึ้น ทำได้โดยเพิ่มความต้านทานภายนอกอนุกรมเข้ากับขาเกตของ IGBT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรสมมูลของ IGBT



รูปที่ 2.6 (ก) แสดงโครงสร้างที่มีทรานซิสเตอร์และมอสเฟตแฝงอยู่ภายใน
(ข) วงจรสมมูลสำหรับการทำงานสภาพปกติของ IGBT
(ค) วงจรสมมูลที่แสดงส่วนของไทริสเตอร์ที่แฝงอยู่ใน IGBT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรสมมูลของ IGBT แสดงไว้ในรูปที่ 3.6 ซึ่งในรูปที่ 2.6 (ก) นั้นจะเห็นว่าบริเวณบอดี้ p ชั้นบริเวณ n- และชั้นอินเจ็กติ้ง p+ จะคล้ายกับทรานซิสเตอร์ชนิดพีเอ็นพี โดยแทนได้ด้วยขาคอลเล็กเตอร์ , เบส และอิมิดเตอร์ ตามลำดับ และบริเวณภายใต้เกตก็จะแทนได้ด้วยมอสเฟตซึ่งจะมีความต้านทานบริเวณ n- เชื่อมขาเบสของทรานซิสเตอร์พีเอ็นพีเข้ากับขาเดรนของมอสเฟต ซึ่งเมื่อเขียนวงจรสมมูลออกมาจะได้วงจรดังรูปที่ 2.6 (ข)

จากรูปที่ 2.6 (ข) จะเห็นว่าเป็นวงจรดาร์ลิงตัน โดยมีมอสเฟตเป็นตัวขับทรานซิสเตอร์พีเอ็นพี แต่มีจุดพิเศษที่แตกต่างจากวงจรทั่วไปคือ กระแสเดรนส่วนใหญ่จะไหลจากอิมิตเตอร์มายังเบส ผ่านความต้านทานบริเวณลอยเลื่อน และผ่านขาเดรนมายังคอลเล็กเตอร์และขาซอร์สสำหรับวงจรสมมูลในรูปที่ 2.6 (ค) จะแสดงให้เห็นว่าภายใน IGBT มีไทริสเตอร์แฝงอยู่ด้วย โดยดูได้จาก การที่ทรานซิสเตอร์เอ็นพีเอ็นและพีเอ็นพีต่อเข้าด้วยกันในลักษณะที่มีการป้อนกลับ ทำให้เห็นได้ชัดถึงเหตุ ที่ทำให้เกิดการแลตช์ของ IGBT

โดยถ้ากระแสส่วนน้อยที่ไหลผ่านจากอิมิตเตอร์มายังคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์พีเอ็นพีผ่านความต้านทานข้างเคียงแล้วทำให้เกิดแรงดันตกคร่อม ความต้านทานสูงกว่า 0.7 โวลต์ ทรานซิสเตอร์เอ็นพีเอ็นจะนำกระแส ส่งผลให้เกิดการแลตช์ขึ้นใน IGBT สำหรับแรงดันตกคร่อมขาเดรนและซอร์สของ IGBT ขณะนำกระแส (Vds(on)) สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

(Vds (on)) = Vj1 + Adrift – IdRchannel ..... (1)

เมื่อ Vj1 เป็นแรงดันไบอัสตรงที่ตกคร่อมรอยต่อพีเอ็น จึงมีค่าค่อนข้างจะคงที่ จะมีการเปลี่ยนแปลงบ้างก็เพียงเล็กน้อยเพราะมีความสัมพันธ์โดยตรงในลักษณะเอ็กซ์โพเนนเชียล กับกระแส ทำให้มีค่าอยู่ระหว่าง 0.7-1 โวลต์

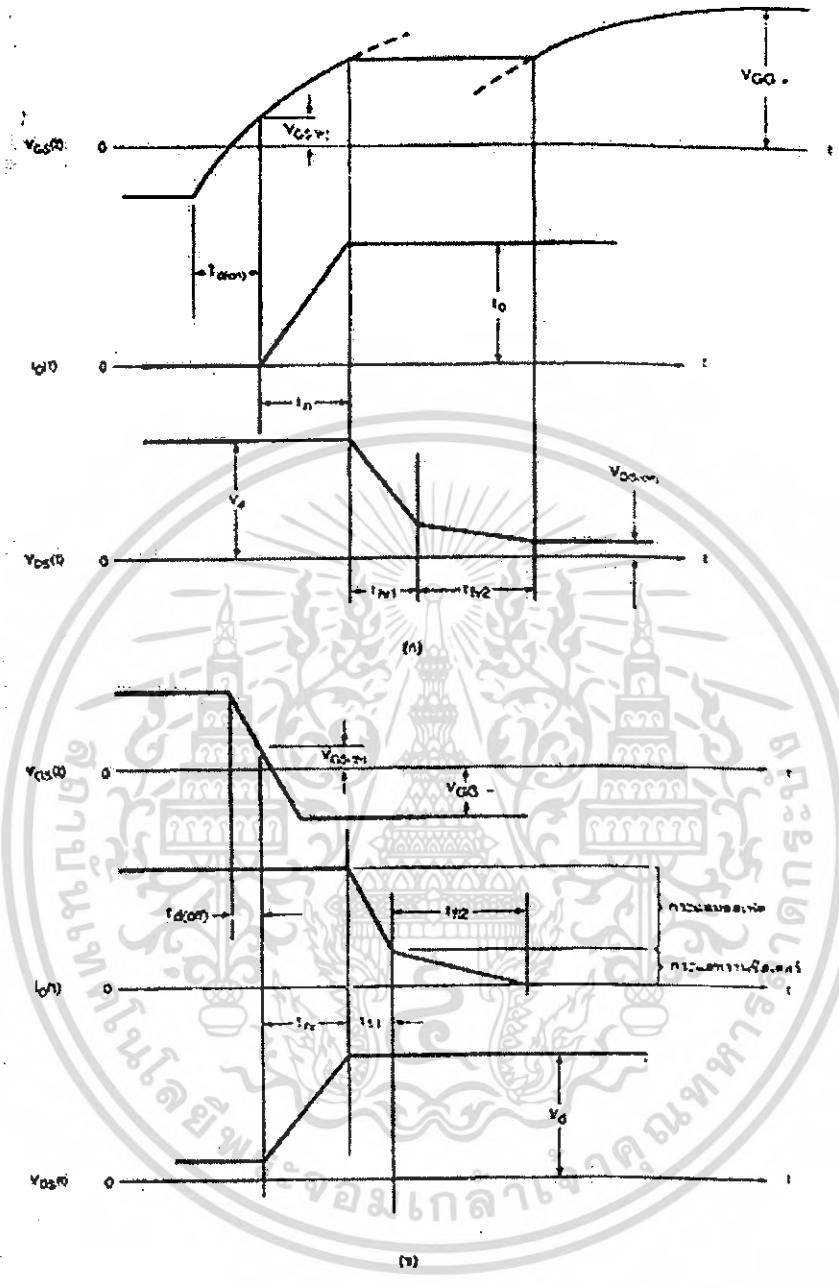
Adrift เป็นแรงดันที่ตกคร่อมความต้านทานบริเวณลอยเลื่อน ซึ่งความต้านทานนี้มีค่าค่อนข้างคงที่ แต่เมื่อเทียบกับค่าแรงดันในมอสเฟตแล้วจะมีค่าน้อยกว่าเพราะผลของการมอดูเลตสภาพนำที่เกิดขึ้นใน IGBT

Rchannel เป็นค่าความต้านทานในย่าน 1-1000 โอห์ม มีค่าค่อนข้างจะคงที่ (IdRchannel) เป็นแรงดันตกคร่อมมอสเฟต

ดังนั้นจึงพอสรุปได้ว่า (Vds(on)) จะมีค่าสูงมากขึ้นตามค่ากระแสเดรนที่สูงขึ้น โดยทั่วไป IGBT จะสามารถทำงานได้ในอุณหภูมิรอยต่อสูงสุดถึง 150 องศาเซลเซียส และผลของการเปลี่ยนอุณหภูมิห้อง ไปถึงค่าสูงสุดนี้ จะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่า (Vds(on)) เพียงเล็กน้อยเท่านั้นเพราะ IGBT มีค่า (Vds(on)) เป็นผลรวมระหว่างแรงดันตกคร่อมมอสเฟตที่มีสัมประสิทธิ์ทางอุณหภูมิเป็นบวก (หมายถึงอุณหภูมิสูงขึ้นแรงดันตกคร่อมก็จะสูงขึ้นตาม) กับแรงดันตกคร่อมความต้านทานบริเวณลอยเลื่อนที่มีสัมประสิทธิ์อุณหภูมิเป็นลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะการสวิตช์



รูปที่ 2.7 (ก) ลักษณะของกระแสและแรงดันขณะนำกระแส
(ข) ลักษณะของกระแสและแรงดันขณะหยุดนำกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะของสัญญาณกระแสและแรงดันในช่วงเวลาที่เกิดการนำกระแสและหยุดนำกระแส แสดงไว้ในรูปที่ 7 โดยช่วงเวลาในการนำกระแสของ IGBT แสดงไว้ในรูปที่ 2.7 (ก) ซึ่งจะมีลักษณะคล้ายกับการนำกระแสของมอสเฟต คือจะมีเวลาก่อนการนำกระแส (Td(on)) นับตั้งแต่เวลาที่แรงดันระหว่างเกตกับซอร์สอยู่ในช่วง Vgg- จนถึง (Vgs(th)) ความจริงแล้วการป้อนแรงดันจะมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงทันทีทันใดจากค่า Vgg- เป็น Vgg+ แต่กลับมีลักษณะเป็นเอ็กซ์โพเนนเชียล

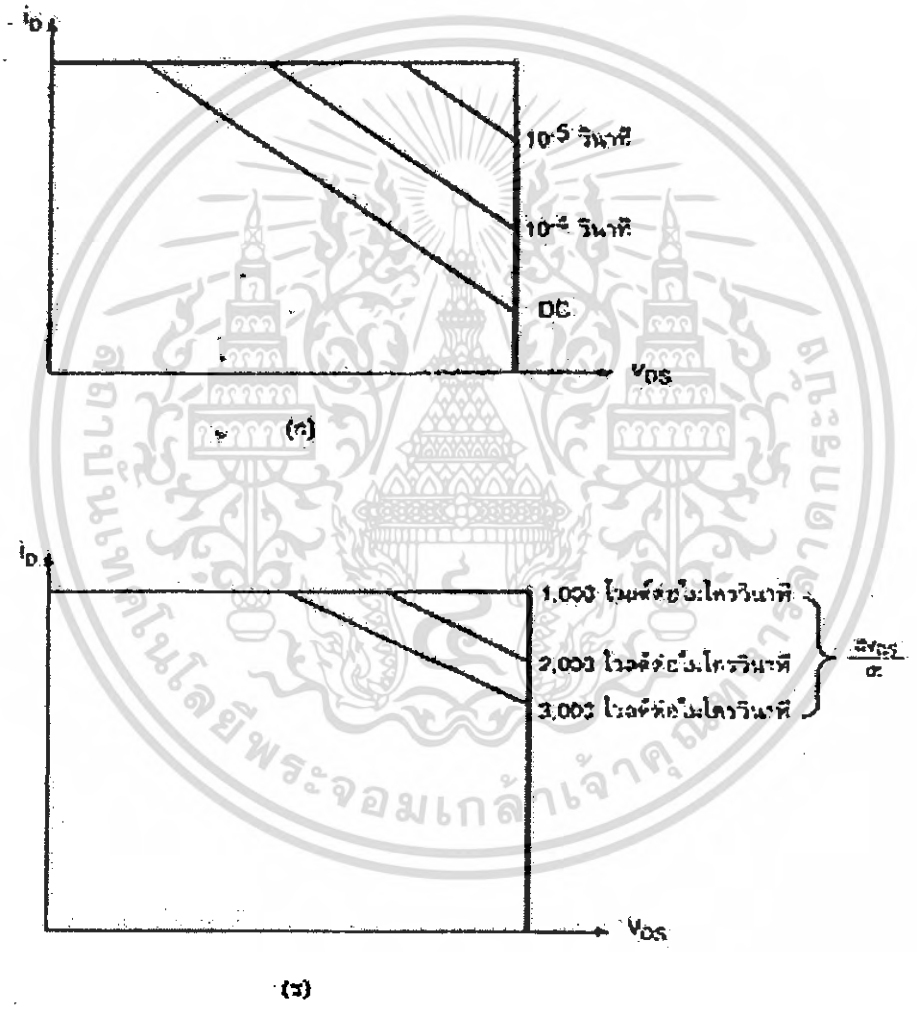
เหตุที่เป็นเช่นนั้นเนื่องจากผลการชาร์จประจุของตัวเก็บประจุระหว่างเกตกับซอร์สและเกตกับเดรนภายใน IGBT แรงดันที่ขาเดรนจะยังคงอยู่ในช่วงเวลาขาขึ้น (Tri) หรือในช่วงเวลาที่กระแสเดรนยังไม่ถึงค่ากระแสทำงาน (Io) หลังจากนั้นกระแสเดรนก็จะคงที่ แต่แรงดันจะดกลงสู่ค่า (Vds(on)) โดยแบ่งช่วงเวลาลงเป็นสองช่วง คือช่วง Tfi1 เป็นช่วงที่ทำงานอยู่ในย่านความต้านทานสูง (Rchannel) ส่วน Tfv2 ช่วงที่ทำงานอยู่ในย่านความด้านทานต่ำ (Rchannel)

ในรูปที่ 2.7 (ข) จะเป็นรูปแสดงลักษณะของกระแสและแรงดันในช่วงเวลาที่ IGBT หยุดนำกระแสจะเห็นว่ากระแสเดรนจะยังคงที่อยู่ตลอดช่วงเวลาที่แรงดันขาเดรนเพิ่มขึ้น และมีช่วงเวลาลงของกระแสเดรนที่แตกต่างชัดเจนสองช่วง โดยช่วงแรก Tfi1 จะเป็นช่วงหยุดนำกระแสของมอสเฟตภายใน IGBT และช่วง Tfi2 จะเป็นช่วงหยุดนำกระแสของทรานซิสเตอร์พีเอ็นพี ซึ่งจะช้ากว่ามอสเฟต ทำให้ช่วงเวลานี้นานกว่าช่วงแรก และมีการสูญเสียกำลังงานมากในช่วงนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นที่การทำงานที่ปลอดภัย

IGBT มีพื้นที่การทำงานที่ปลอดภัยทั้งในระหว่างนำกระแสและหยุดนำกระแส โดยมีพื้นที่การทำงานปลอดในขณะไบอัสของ (forward bias safe operating area : FBSOA) ที่กว้างมากเปรียบเทียบได้กับเกือบเป็นสี่เหลี่ยมสำหรับเวลาในการสวิตช์ที่สั้นๆ แต่จะแคบลงเมื่อเวลาในการสวิตช์ยาวนานขึ้น ซึ่งถ้าเปรียบเทียบกับเพาเวอร์มอสเฟตแล้ว IGBT จะทำงานได้ในช่วงพื้นที่ที่กว้างกว่าเมื่อเวลาในการสวิตช์เท่ากัน



รูปที่ 2.8 (ก) พื้นที่การทำงานที่ปลอดภัยในสภาวะไบอัสตรง
(ข) พื้นที่การทำงานที่ปลอดภัยในสภาวะไบอัสกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในช่วงระหว่างเริ่มนำกระแสและขณะที่นำกระแสแล้ว จุดการทำงานของ IGBT จะต้องมีขนาดแรงดันและกระแสที่ขาเดรนอยู่ในพื้นที่การทำงานที่ปลอดภัยในช่วงไบอัสตรงเสมอ ดังแสดงในรูปที่ 2.8 (ก) หากไม่เช่นนั้นแล้วจะทำให้เกิดการเสียหายขึ้นที่ IGBT จากรูปพื้นที่การทำงานที่ปลอดภัยของ IGBT นี้ จะแสดงถึงขีดจำกัดของกระแสเดรน อัตราทนแรงดันไหลตรง และอุณหภูมิรอยต่อของ IGBT ตามลำดับ

สำหรับพื้นที่การทำงานที่ปลอดภัยในช่วงไบอัสกลับ (reverse bias safe operating area : RBSOA) จะแตกต่างจากค่าจำกัดของค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงแรงดัน ที่ขาเดรนต่อเวลา (DVds/DT) ซึ่งจะเกิดขึ้นในช่วงระหว่างหยุดนำกระแส แทนขีดจำกัดทางด้านอุณหภูมิรอยต่อ และ จะมีพื้นที่แคบลงถ้า DVds/DT มีค่าสูงมากขึ้น ส่วนเหตุผลที่ถูกจำกัดโดยค่านี้เพราะไม่ต้องการให้เกิดการแลตช์ขึ้นใน IGBT

ค่า DVds/DT นี้จะมีผลโดยตรงกับช่วงเวลาหยุดนำกระแส หมายความว่า ถ้ามีอัตราการเปลี่ยนแปลงเร็วจะทำให้ช่วงเวลาหยุดนำกระแสน้อย แต่ก็ยังถือว่าโชคดีที่ขีดจำกัด DVds/DT ของ IGBT มีค่าสูงมาก เมื่อเทียบกับอุปกรณ์ไทริสเตอร์ตัวอื่นๆดังนั้นความจำเป็นในการใช้วงจรสนับเบอร์เพื่อป้องกันการแลตช์ก็ไม่มีความจำเป็นต้องใช้ และการควบคุมค่า DVds/DT ที่เกิดขึ้นยังทำได้ง่ายขึ้นด้วยการออกแบบวงจรขับเกตที่มีค่าความต้านทานที่ต่อกับขาเกตและค่า Vgg- ที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิตที่มีอุปกรณ์สนับสนุนประกอบอยู่ภายในหลายอย่างได้แก่ หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม ตัวตั้งเวลา/ตัวนับ อุปกรณ์รับส่งข้อมูลแบบอนุกรม เนื่องจากโครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์มีอุปกรณ์มีอุปกรณ์สนับสนุนประกอบอยู่ภายในนี้เอง ทำให้การใช้งานง่ายขึ้นและมีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยไม่ต้องมีการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกเพิ่มเติมมากเหมือนกับไมโครโพรเซสเซอร์ทั่วไป นอกจากนี้หากเราต้องการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับอุปกรณ์อื่นเพิ่มเติม เช่น ไอซี 8255 หรือหน่วยความจำภายนอก เรายังสามารถนำมาเชื่อมต่อเพิ่มเติมเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อีกด้วย

โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

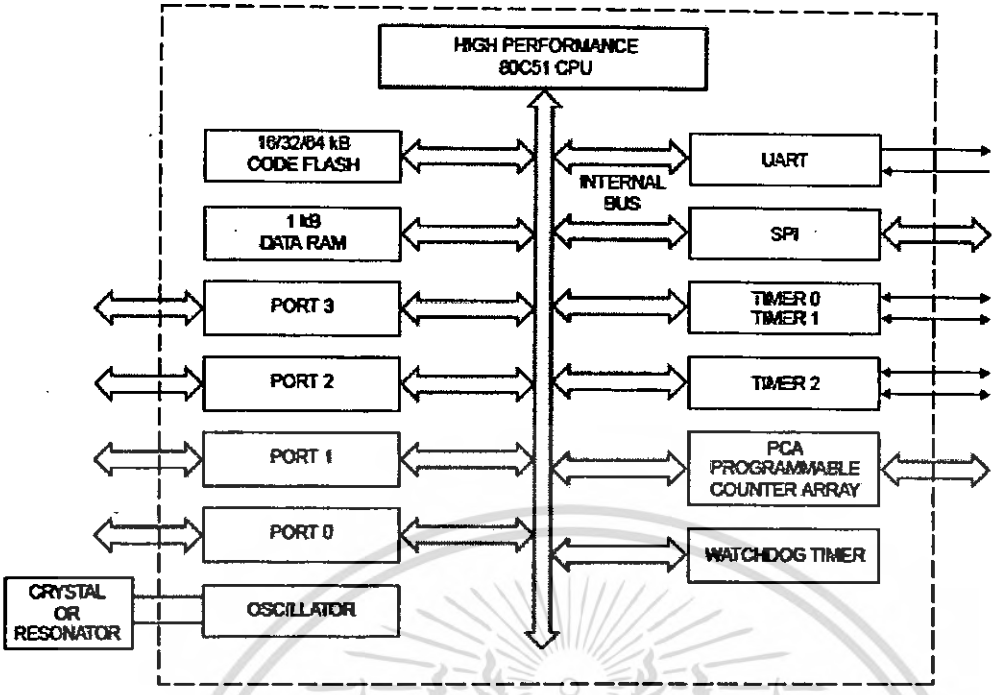
โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แสดงดังในรูปที่ 2.9 ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

- หน่วยประมวลผลกลางขนาด 8 บิต
- หน่วยประมวลผลสำหรับข้อมูลแบบบิต (BOOLEAN PROCESSOR)
- ความสามารถในการอ้างตำแหน่งของหน่วยความจำโปรแกรม 64 กิโลไบต์
- ความสามารถในการอ้างตำแหน่งของหน่วยความจำข้อมูล 64 กิโลไบต์
- หน่วยความจำโปรแกรมภายในขนาด 4 กิโลไบต์ แบบ อีพรอม (เบอร์ 8451)
- หน่วยความจำแบบแรมภายในจำนวน 128 ไบต์
- พอร์ตอินพุต/เอาต์พุตแบบขนานจำนวน 32 เส้น ซึ่งสามารถแยกการทำงานได้อย่างอิสระ
- วงจรนับ/จับเวลาขนาด 16 บิต จำนวนสองวงจร
- วงจรสื่อสารแบบอนุกรมแบบดูเพล็กเต็ม(FULL DUPLEX)
- วงจรควบคุมการอินเตอร์รัปต์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณ 6 ประเภท พร้อมการกำหนดลำดับ

วงจรผลิตสัญญาณนาฬิกาภายในซึ่งโครงสร้างการทำงานทั้งหมดในไมโครคอนโทรลเลอร์จะอาศัยหลักการทำงานที่เกี่ยวข้องกัน โดยอาศัยหลักการทำงานที่เป็นไปตามโครงสร้างเสมอ

72978

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



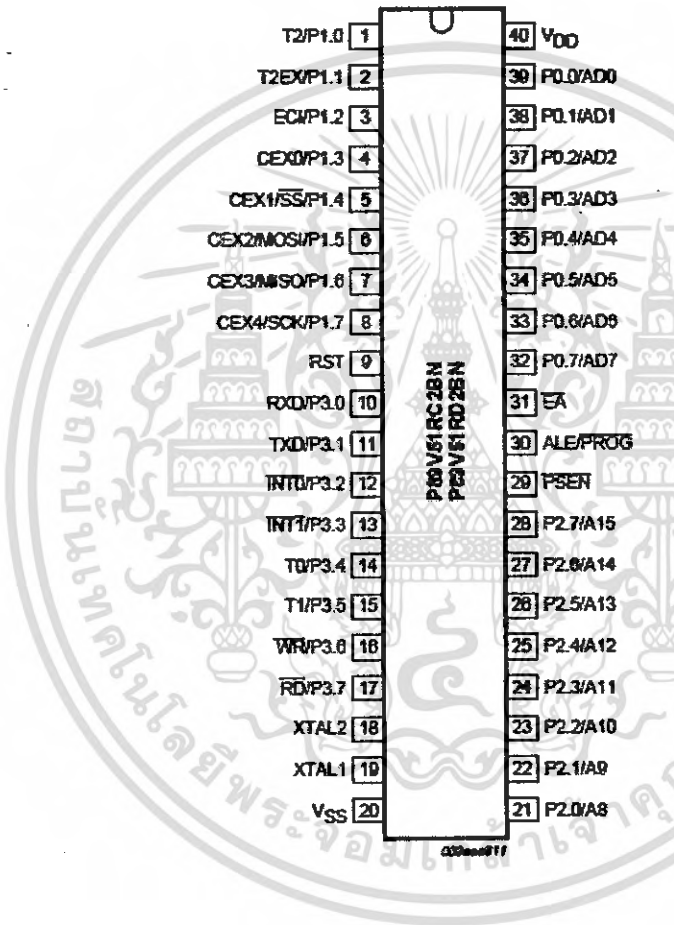
รูปที่ 2.9 แสดงโครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

โดยมากแล้วไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้มักจะมีรูปร่างของไอซีเป็นแบบขนาด 40 ขา ดังแสดงในรูปที่ 2.10 ซึ่งแต่ละขาสัญญาณจะมีหน้าที่ระบุชัดเจนตามสัญลักษณ์ชื่อย่อ ที่กำกับในแต่ละขา อย่างไรก็ตามจะมีบางขาสัญญาณที่อาจจะมีหน้าที่ได้มากกว่าหนึ่งอย่าง ซึ่งจะไม่สามารถใช้งานในเวลาเดียวกันได้ ตัวอย่างเช่นขาสัญญาณบิต 0 ของพอร์ต 3 (ใช้ตัวย่อเป็น P3.0) อาจจะใช้เป็นขาสัญญาณเอาต์พุต หรืออินพุตตามปกติ ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ซึ่งประกอบด้วยหน่วยการทำงานต่างๆภายในไอซี MCS-51 จำนวนมาก โดยแต่ละบล็อกซึ่งเป็นวงจรควบคุมรีจิสเตอร์ (REGISTER) หรือหน่วยความจำภายในของไอซี MCS-51 จะถูกเชื่อมต่อเข้าด้วยกันผ่านทางเส้นสัญญาณที่เรียกว่าเส้นสัญญาณข้อมูลภายใน รีจิสเตอร์และหน่วยความจำเหล่านี้จะถูกนำไปใช้ระหว่างการประมวลผลคำสั่งหน้าที่ที่โปรแกรมที่ผู้ใช้สร้างขึ้นมาก็เป็นการควบคุมการรับหรือส่งข้อมูลระหว่างรีจิสเตอร์เหล่านี้ ซึ่งอาจจะมีการดำเนินการร่วมกับหน่วยการดำเนินงานประมวลผลทางคณิตศาสตร์และลอจิก (Arithmatic Logic Unit)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แยกการจัดการหน่วยความจำออกเป็นสองส่วนอย่างชัดเจน คือ หน่วยความจำโปรแกรม (Program memory) และหน่วยความจำข้อมูล (Data memory) หน่วยความจำทั้งสองนี้ มีหน้าที่แตกต่างไปจากกัน และใช้วิธีการอ้างแอดเดรสสัญญาณการติดต่อแยกออกจากกัน



รูปที่ 2.10 แสดงรูปร่างและการจัดวางขาต่างๆของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยความจำโปรแกรม

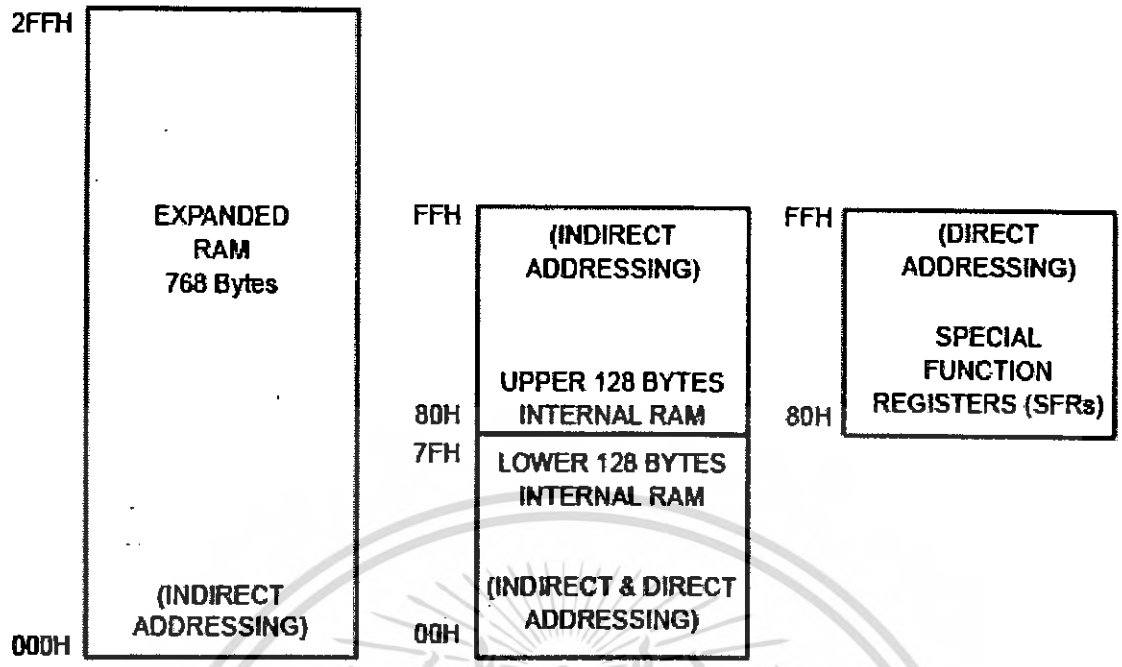
หน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นบริเวณหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลและคำสั่งใช้งานต่างๆ ซึ่งแม้ว่าจะไม่มีการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับระบบ ข้อมูลเหล่านี้ก็ยังคงอยู่ไม่สูญหาย โครงสร้างของหน่วยความจำโปรแกรมมีลักษณะเช่นเดียวกับหน่วยความจำที่บรรจุอยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ของหน่วยความจำประเภทต่างๆ เช่น หน่วยความจำแบบรอม (Read Only Memory) หรือ อีพรอม (Erasable Programable Read Only Memory) ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถอ่านข้อมูลหน่วยความจำโปรแกรมนี้ได้สูงสุดไม่เกิน 64 กิโลไบต์ และแยกประเภทของหน่วยความจำโปรแกรมเป็น 2 ลักษณะ ตามตำแหน่งของหน่วยความจำนั้น คือ หน่วยความจำโปรแกรมภายใน (Internal Program Memory) ซึ่งเป็นหน่วยความจำรอม หรือ อีพรอม ที่อยู่ภายในตัวไอซีของไมโครคอนโทรลเลอร์เอง และหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก (External Program Memory) ซึ่งเป็นการใช้ไอซีหน่วยความจำมาทำหน้าที่เป็นหน่วยความจำโปรแกรมของระบบ

ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ต่างๆของตระกูล 51 นี้สามารถขยายให้ใช้งานในหน่วยความจำภายนอกได้ทั้งสิ้น โดยกรณีที่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในอยู่แล้ว การอ้างตำแหน่งแอดเดรสที่มีทั้งในหน่วยความจำโปรแกรมภายในและภายนอกนั้นจะต้องทำการควบคุมระดับลอจิกของสัญญาณในขณะนั้นด้วย ขนาดของหน่วยความจำโปรแกรมภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ต่างๆ ภายในตระกูล 51 จะแตกต่างกันออกไป เพื่อความเหมาะสมกับการนำไปใช้งานในลักษณะต่างๆ

หน่วยความจำข้อมูล

หน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) ซึ่งโดยพื้นฐานแล้วเป็นหน่วยความจำแรมสามารถเขียนหรืออ่านข้อมูลได้ (Read Or Write Memory) ใช้สำหรับเก็บข้อมูลหรือตัวแปร ที่เกิดขึ้นในขณะที่กำลังประมวลผลโปรแกรมไว้เป็นการชั่วคราว ซึ่งโดยพื้นฐานแล้วหน่วยความจำข้อมูลจัดเป็นหน่วยความจำแรมแบบสแตติกดังนั้นเมื่อไม่มีการจ่ายไฟฟ้าให้กับระบบก็จะมีผลทำให้ข้อมูลที่จัดเก็บไว้ภายในหน่วยความจำนี้สูญไป พื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มีได้สูงสุดไม่เกิน 64 กิโลไบต์ และแยกประเภทออกเป็นสองลักษณะตามตำแหน่งที่ตั้งของหน่วยความจำนั้นตามลักษณะของหน่วยความจำโปรแกรมภายในซึ่งก็เป็นแรมที่อยู่ภายในตัวไอซีในตระกูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ และหน่วยความจำข้อมูลภายนอกซึ่งเป็นการใช้ไอซีหน่วยความจำแรมมาเพิ่มเติมเข้าไปในวงจรลักษณะเดียวกับการนำไอซีพรอมมาใช้งานเป็นหน่วยความจำโปรแกรมนั่นเอง

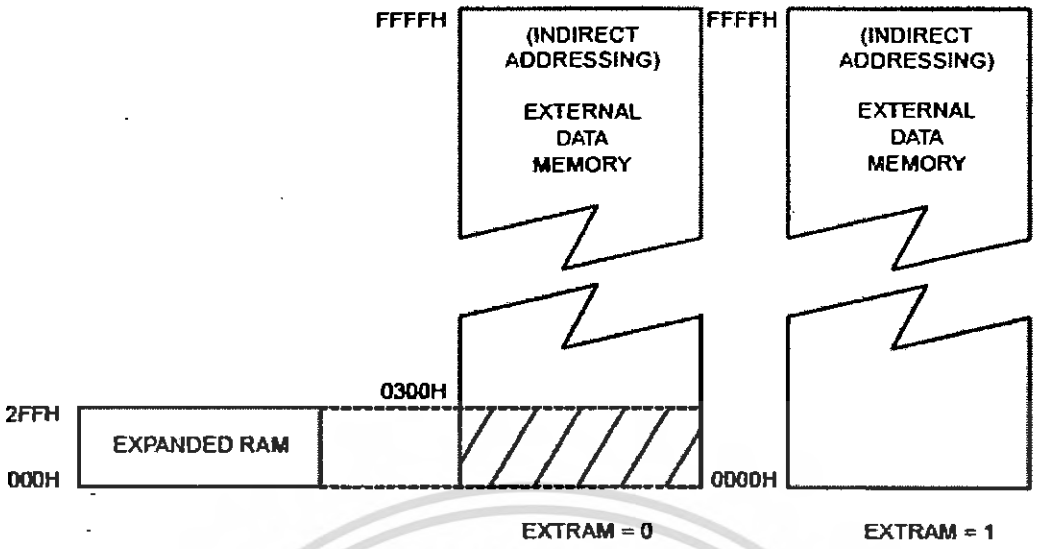
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 แสดงการจัดหน่วยความจำข้อมูล

โดยที่หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 นี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ในส่วนที่เป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในไอซี และหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทุกๆเบอร์จะมีหน่วยความจำเก็บข้อมูลทั่วๆไปภายในไอซีอย่างน้อยคือ 128 ไบต์ ไปจนถึง 256 ไบต์ ทั้งนี้ขึ้นกับเบอร์ของไอซี หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในบริเวณ 128 ไบต์เรียกว่า LOWER 128 และในบริเวณ 128 ไบต์หลัง ที่มีเพิ่มในบางเบอร์มีชื่อเรียกว่า UPPER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 แสดงการต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกไอซี

รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

รีจิสเตอร์ในกลุ่มนี้จะเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิตที่ใช้งานเพื่อเก็บข้อมูลของตัวแอดเดรสเป็นสำคัญโดยค่าที่อยู่ภายในแอดเดรสนี้จะนำไปเป็นค่าของข้อมูลที่ส่งออกไปทางบัสแอดเดรส ในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อบอกตำแหน่งที่ต้องการติดต่อ รีจิสเตอร์ที่จัดในกลุ่มนี้ประกอบด้วยรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป (General-Purpose Registers) รีจิสเตอร์ในกลุ่มนี้จัดเป็นพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้ในการสนับสนุนในการประมวลผล การทำงานจากหน่วยประมวลผลทางคณิตศาสตร์และลอจิก (ALU) เพื่อให้สามารถจัดการข้อมูลให้เร็วที่สุด นอกจากนี้โปรแกรมที่ไม่ได้ใช้คำสั่งเหล่านี้ก็ยังใช้เป็นการเก็บข้อมูลตัวแปรภายในโปรแกรม จะเห็นได้ว่าชื่อของรีจิสเตอร์ไม่ว่าจะอยู่ในรีจิสเตอร์แบงค์ใด ก็จะมีชื่อว่า R0 ถึง R7 เหมือนกันทั้งสิ้น ดังนั้นในการใช้งานผู้ใช้จะต้องให้ความระมัดระวังว่า ต้องการรีจิสเตอร์นั้นๆ จากแบงค์ใดๆ ซึ่งการกำหนดเลือกแต่ละกลุ่มของรีจิสเตอร์นี้ก็ทำได้โดยง่าย เพียงการกำหนดค่าของบิตที่อยู่ภายในแฟลก (PSW) เท่านั้นอย่างไรก็ตามโดยทั่วไปก็มักจะมีการใช้งานรีจิสเตอร์ R0 ถึง R7 เฉพาะในแบงค์ 0 เท่านั้น ดังนั้นพื้นที่ในแบงค์อื่นๆ ที่เหลือก็สามารถนำมาใช้ในลักษณะของหน่วยความจำแรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

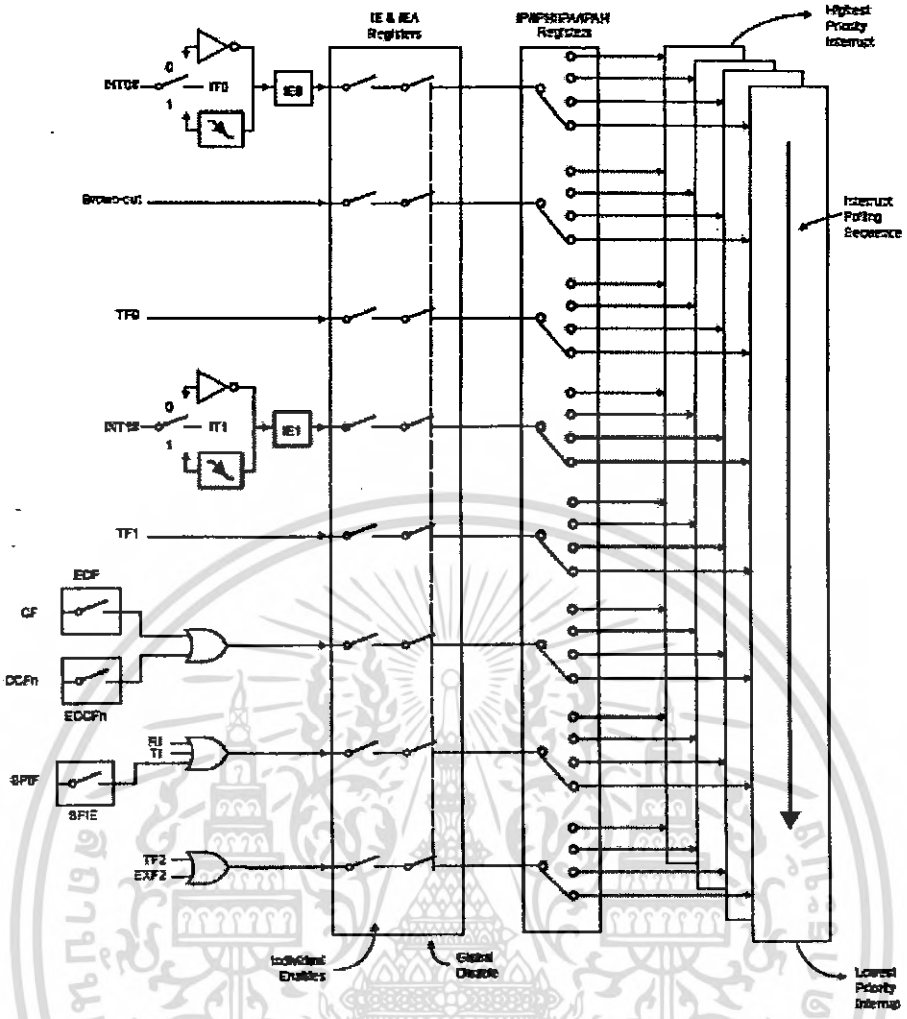
รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ

เป็นรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ (SPR) เป็นรีจิสเตอร์สำหรับการควบคุมหน้าที่และการทำงานของอุปกรณ์หรือพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทั้งหมด ตำแหน่งของรีจิสเตอร์เหล่านี้จะจัดอยู่ในบริเวณแอดเดรส 80H-FFH การใช้งานรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษเหล่านี้สามารถทำได้ทั้งการระบุชื่อของรีจิสเตอร์ หรือตำแหน่งแอดเดรส ที่เป็นของรีจิสเตอร์นั้นก็ได้ การจัดพื้นที่หน่วยความจำสำหรับรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษเหล่านี้ โดยมีข้อสังเกตว่ารีจิสเตอร์ที่อยู่ในตำแหน่งแอดเดรสที่มีจำนวนเป็นทวีคูณของค่า 8 จะสามารถอ้างถึงในระดับบิตได้ด้วย (นั่นคือแอดเดรส 80H 88H 90H A0H A8H B0H B8H D0H E0H F0H)

โครงสร้างการอินเตอร์รัปต์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

จากรูปที่ 4.8 โครงสร้างระบบอินเตอร์รัปต์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สัญญาณที่เข้ามาทำการอินเตอร์รัปต์ MCS-51 นั้นเกิดขึ้นได้ 5 ลักษณะตามตารางข้อมูล ในรูป โดยจะเห็นว่าสามารถที่จะกำหนดเลือกเพื่อยินยอม (หรืออีนาเบิล : ENABLE) และห้าม (หรือดิสเอเบิล : DISABLE) ไม่ให้มีการอินเตอร์รัปต์แต่ละประเภทได้ โดยการกำหนดบิตของข้อมูลที่เกี่ยวข้องซึ่งมักจะอยู่ภายในรีจิสเตอร์ TCON และ SCON นอกจากนี้ยังมีตำแหน่งบิตภายในรีจิสเตอร์ IE (Interrupt Enable Register) ซึ่งทำหน้าที่เสมือนกับเป็นสวิตช์หลักที่เกี่ยวข้องกับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ทั้งหมด หากว่ากำหนดไม่ให้เกิดการอินเตอร์รัปต์แล้วการกำหนดบิตเพื่อห้ามหรือยินยอมของแต่ละอินเตอร์รัปต์ก็จะไม่มีผลใดๆเกิดขึ้น ยังแสดงให้เห็นว่าสัญญาณอินเตอร์รัปต์แต่ละประเภทยังสามารถกำหนดระดับความสำคัญ (Priority) ของการอินเตอร์รัปต์ได้สองลักษณะ คือ ระดับความสำคัญสูงหรือต่ำ (High or Low priority) กล่าวคือขณะที่กำลังประมวลผลอยู่ภายในส่วนของโปรแกรมหน่วยบริการอินเตอร์รัปต์ของสัญญาณที่มีระดับความสำคัญต่ำอยู่ ก็อาจจะถูกขัดจังหวะให้ไปประมวลผลของสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่มีระดับความสำคัญสูงกว่า แต่หากว่าเป็นสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่มีระดับความสำคัญต่ำเช่นเดียวกันแล้ว ก็ต้องรอให้เสร็จสิ้นการประมวลที่ดำเนินการอยู่ก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 โครงสร้างของระบบอินเตอร์รัปต์ภายใน MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไทเมอร์/เคาน์เตอร์เป็นอีกส่วนหนึ่งที่สำคัญของไมโครคอนโทรลเลอร์ เนื่องจากในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์จะต้องมีการเก็บและตรวจสอบค่าของเวลาและจำนวนสัญญาณนาฬิกาอยู่ตลอดเวลา ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการสร้างฐานเวลา สร้างสัญญาณพัลส์ เปรียบเทียบค่าเวลาหรือการนับรวมไปถึงการกำหนดอัตราเร็วในการสื่อสารข้อมูลของพอร์ตอนุกรมด้วย

ในการใช้งานไทเมอร์/เคาน์เตอร์นั้น จะต้องมีการกำหนดหรือควบคุมการทำงานของไทเมอร์/เคาน์เตอร์ โดยรีจิสเตอร์ที่สำคัญ 2 ตัวคือ

TCON : มีแอดเดรสอยู่ที่ 88H เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมการเปิด/ปิดไทเมอร์แต่ละตัว และแสดงถึงการเกิดโอเวอร์โฟล์วที่เกิดจากไทเมอร์/เคาเตอร์ อีกทั้งเป็นตัวกำหนดลักษณะการเกิดอินเตอร์รัปต์ของสัญญาณภายนอกด้วย

TMOD : มีแอดเดรสอยู่ที่ 89H เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้กำหนดการทำงานว่าเป็นไทเมอร์หรือ เคาน์เตอร์ อีกทั้งเป็นตัวกำหนดโหมดการทำงานของไทเมอร์/เคาน์เตอร์ ซึ่งมีอยู่ 4 โหมดด้วยกันคือ

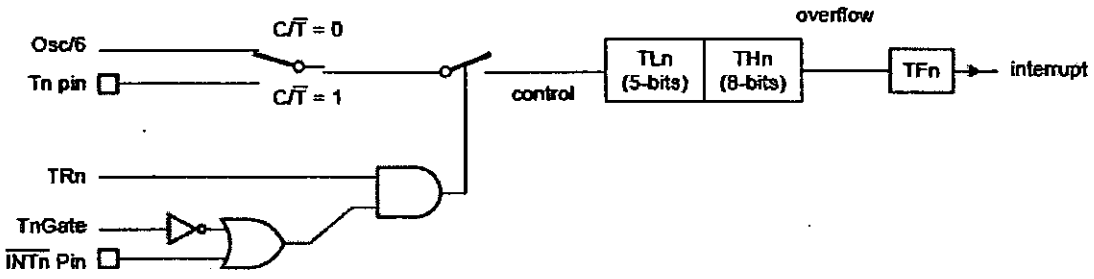
โหมด0 : ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 13 บิต

โหมด1 : ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 16 บิต

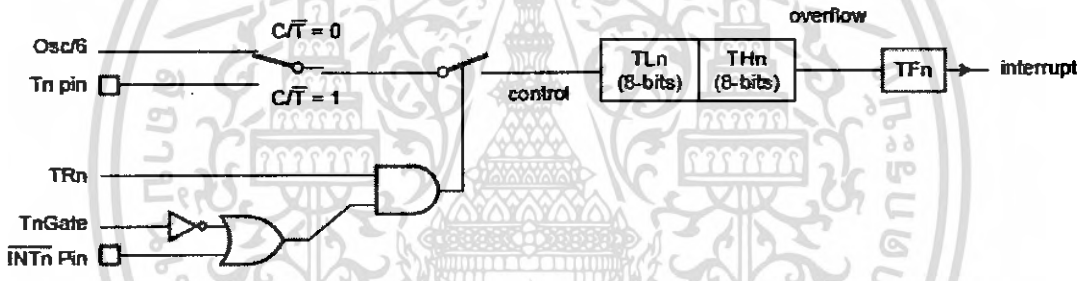
โหมด2 : ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 8 บิต แบบตั้งค่าอัตโนมัติ

โหมด3 : ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์แยกส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

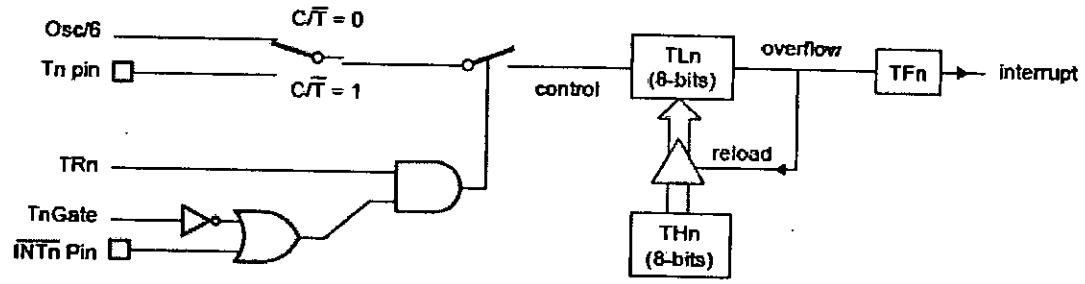


รูปที่ 2.14 แสดงโครงสร้างการทำงานของไทม์เมอร์โหมด 0

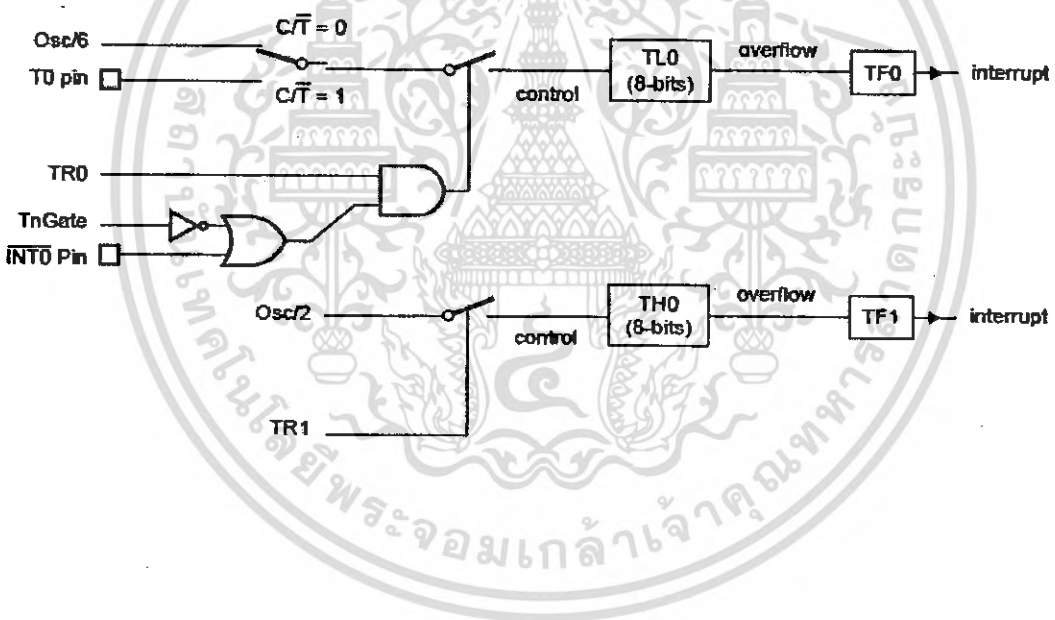


รูปที่ 2.15 แสดงโครงสร้างการทำงานของไทม์เมอร์โหมด 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 แสดงโครงสร้างการทำงานของไทม์เมอร์โหมด 2



รูปที่ 2.17 แสดงโครงสร้างการทำงานของไทม์เมอร์โหมด 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบ ฟูลดูเพล็กซ์ 1 ชุด โดยใช้สัญญาณของพอร์ต 3 คือขา P3.0 เป็นขารับข้อมูลหรือ RxD และขา P3.1 เป็นขาส่งข้อมูลหรือ TxD โดยวงจรสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมของ MCS-51 เป็นแบบอะซิงโครนัส ปกติแล้ว พอร์ตอนุกรมจะใช้ติดต่อสื่อสารกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ โดยใช้มาตรฐาน RS-232 แต่ในปัจจุบัน สามารถติดต่อกับ RS-422 หรือ RS-485 ได้แล้ว โดยใช้ IC พิเศษ ทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณการสื่อสาร

รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของพอร์ตอนุกรมใน MCS-51 ได้แก่ SBUF (Serial data buffer register) ซึ่งเป็นบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูล และรับข้อมูล และรีจิสเตอร์อีกตัวที่สำคัญคือ SCON (Serial Port Control) ซึ่งใช้ในการกำหนดโหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรม ซึ่งมี 4 โหมดด้วยกัน คือ

1. โหมด 0 เป็นการกำหนดให้พอร์ตอนุกรมทำงานในลักษณะชิฟรีจิสเตอร์
2. โหมด 1 เป็นการกำหนดให้ UART ขนาด 8 บิต สามารถเลือกอัตราบอร์ดได้
3. โหมด 2 UART ขนาด 8 บิตสามารถเลือกอัตราบอร์ดได้
4. โหมด 3 เป็นตัวกำหนดให้เป็น UART ขนาด 9 บิต สามารถเลือกอัตราบอร์ดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทฤษฎีเกี่ยวกับแบตเตอรี่

แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าเคมีโดยเก็บพลังงานเคมีไว้และปล่อยออกมาในรูปของพลังงานไฟฟ้า

$$PbO_2 + Pb \underset{\text{ประจุไฟ}}{\overset{H_2SO_4 \text{ คายไฟ}}{\rightleftharpoons}} PbSO_4 + 2H_2O$$

แบตเตอรี่มีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิดคือ

1.แบบเปียก นิยมใช้กันเป็นส่วนใหญ่ แบ่งย่อยออกได้อีกเป็น 2 แบบ คือ แบบที่ต้องเติม และ ดูแลน้ำกลั่นบ่อยๆ อย่างน้อยสัปดาห์ละครั้ง กับ แบบไม่ต้องดูแลบ่อย (Maintenance Free) ซึ่งจะกินน้ำกลั่นน้อยมาก โดยทั้ง 2 แบบนี้จะมีฝาปิด-เปิดสำหรับเติมน้ำกลั่น ในแบบแรกนี้จะมีอายุการใช้งานโดยประมาณ 1.5-2 ปี แต่ไม่ควรเกิน 3 ปี ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับสภาพการใช้งาน และ การดูแลรักษา ถ้ามีการดูแลรักษาอยู่สม่ำเสมอก็จะทำให้แบตเตอรี่มีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น อย่างไรก็ตีเมื่อถึงอายุ การใช้งานของมันก็สมควรที่จะเปลี่ยนแบตเตอรี่ลูกใหม่ได้แล้ว

2.แบบแห้ง ไม่ต้องเติมน้ำกลั่น มีความทนทาน มีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่า และ มีราคาแพง แบตเตอรี่แบบแห้งนี้จะมีอายุการใช้งานโดยประมาณ 5-10 ปี แบตเตอรี่แบบนี้ไม่มีฝาปิด-เปิดสำหรับเติมน้ำกลั่น หรือไม่ก็ถูกซีลทับฝาไปเลย แต่จะมีตาแมวไว้สำหรับไว้คอยตรวจเช็คระดับน้ำกรด และ ระดับไฟชาร์จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสามารถในการเก็บไฟของแบตเตอรี่ ขึ้นอยู่กับ

-ความหนาของแผ่นธาตุ
-ความเข้มข้นของน้ำกรด
-การนำไฟไปใช้มากหรือน้อย
-อุณหภูมิภายในหม้อแบตเตอรี่
-รูพรุนของแผ่นธาตุบวกและลบ
-ลักษณะ และคุณสมบัติของแผ่นกั้น

แบตเตอรี่ทำหน้าที่ ป้อนกระแสไฟฟ้าให้อุปกรณ์ต่างๆเพื่อให้ทำงานได้ เช่น มอเตอร์ ระบบไฟส่องสว่าง วิทยุ เป็นต้น แบตเตอรี่รถยนต์ไม่ใช่แหล่งผลิตกระแสไฟฟ้า แต่เป็นแหล่งเก็บไฟฟ้าสำรอง เมื่อใดก็ตามที่แบตเตอรี่ถูกใช้งาน แรงดันไฟจากแบตเตอรี่จะลดลงจนไม่สามารถใช้งานได้ต่อไป จึงต้องมีการประจุไฟให้กับแบตเตอรี่หรือที่เรียกว่า การชาร์จไฟนั่นเอง ซึ่งการชาร์จแบตเตอรี่มี 2 แบบคือ Equalizer Charge กับ Floating Charge

Equalizer Charge

คือการชาร์จที่ทำให้เซลแบตเตอรี่ทุกเซลมีไฟเต็มทุกเซลเนื่องจากแบตเตอรี่แต่ละเซลจะมีความจุไม่เท่ากัน 100 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการชาร์จแบบนี้ก็คือการที่เราชาร์จด้วยแรงดันที่มากกว่าปกติเล็กน้อย ประมาณ 14.6 โวลต์ เมื่อแบตเตอรี่ทุกเซลเต็ม 100 เปอร์เซ็นต์

Floating Charge

คือการชาร์จแบบปกติที่แรงดันไฟประมาณ 13.8 โวลต์คงที่ เมื่อแบตเตอรี่เต็มแล้วแรงดันจะมีค่าประมาณ 13.8 โวลต์เช่นกัน แต่เนื่องจากความจุของแต่ละเซลไม่เท่ากันดังนั้นอาจจะมีบางเซลที่ยังมีไฟไม่เต็มที่แต่ก็เล็กน้อยเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบวงจร และการทำงาน

ในโครงงานนี้แบ่งวงจรออกเป็นส่วนย่อย ๆ ได้ทั้งหมด / ส่วนดังต่อไปนี้

1. ภาค MOTOR DRIVER
2. ภาคควบคุม
3. วงจรชาร์จแบตเตอรี่
4. โครงสร้างของรถ

ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

วงจรขับมอเตอร์

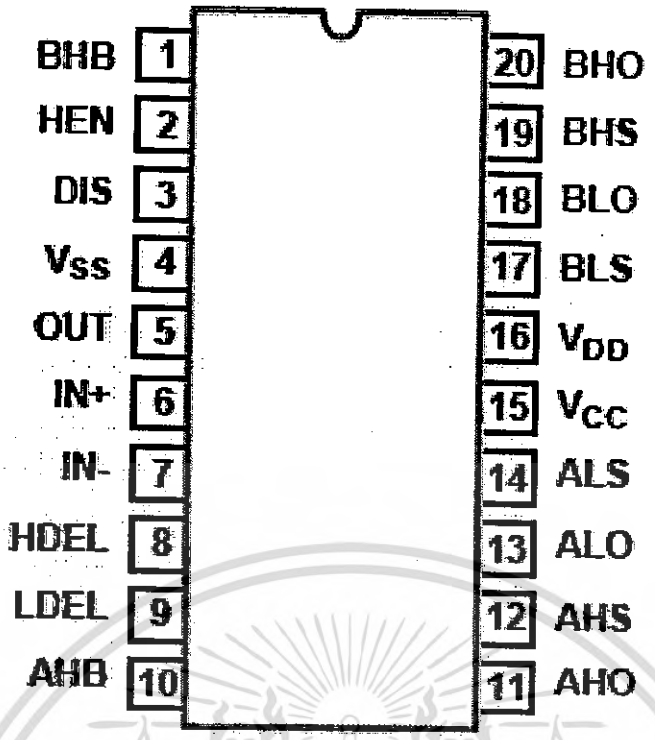
วงจรขับมอเตอร์ในโครงงานนี้ใช้ IC เบอร์ HIP4080A ของบริษัท Intersil นำมาใช้ในการขับ N-Channel IGBT แบบ Full Bridge เพื่อช่วยในการขับมอเตอร์โดยไอซีมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้ HIP4080A

HIP4080A เป็นไอซีที่ใช้ความถี่สูง และแรงดันไฟฟ้าปานกลางในการขับ N-Channel IGBT แบบ Full Bridge ประกอบไปด้วย อินพุทคอมพาราเตอร์ เพื่อใช้สำหรับการสร้าง hysterisis และ การทำงานในโหมด PWM มีค่าของ propagation delay สูงสุดที่ 55 nS และค่าของ Dead time ที่สามารถปรับค่าได้จนถึงเกือบเป็น 0 เพื่อลดค่าของ Distrotion

คุณสมบัติของ HIP4080A

- สามารถใช้ขับ N-Channel IGBT แบบ Full Bridge
- Bootstrap Supply สูงสุดถึง 95 Vdc
- สามารถใช้อินพุทลอจิกได้ตั้งแต่ 5 -15 V
- มีส่วนป้องกัน Shoot Through และ Under Voltage ในตัว
- ขา DIS สามารถทำให้ขา Gate เป็น low ได้ทั้งหมด
- ใช้พลังงานต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แสดงไอซีเบอร์ HIP4080A

HIP4080A เป็นไอซี 20 ขา มีหน้าที่ในแต่ละขาดังต่อไปนี้

ขา 1 BHB B high side bootstrap Supply

ขา 2 HEN High Side Enable Input ถ้าขานี้มีสถานะ LOW จะทำให้BHO และ ALO มีสถานะเป็น LOW แต่ถ้าเมื่อขานี้เป็น High BHO และ ALO จะถูกควบคุมโดยขา IN+ และ IN-

ขา 3 DIS ขานี้มีหน้าที่ทำให้สัญญาณที่ขาเกทของทุกตัวมีค่าเป็น LOW ถ้าให้สัญญาณที่ขาเข้านี้เป็น High

ขา 4 Vss Negative Supply

ขา 5 OUT เป็นขา Output ของ Comparator

ขา 6 IN+ เป็นขา Non Inverting Input ของ Comparator โดยที่ถ้า IN+ มีแรงดันมากกว่า IN- จะทำให้ชุด ALO และ BHO มีสถานะเป็น LOW แต่เมื่อแรงดัน
ที่ขา IN – มากกว่า IN+ จะทำให้ AHO และ BLO เป็น LOW แทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา 7 IN- เป็นขา Inverting Input

ขา 8 HDEL High side turn-on delay เป็นขาที่ใช้สำหรับปรับค่าของ turn on delay ของชุด High Side

ขา 9 LDEL Low side turn-on delay เป็นขาที่ใช้สำหรับปรับค่าของ turn on delay ของชุด Low Side

ขา 10 AHB A High side bootstrap Supply

ขา 11 AHO High Side Output

ขา 12 AHS A high side source control

ขา 13 ALO A Low side Output

ขา 14 ALS A Low side Source Connection

ขา 15 Vcc ขาไฟเลี้ยงบวกของ Gate Driver

ขา 16 Vdd ขาไฟเลี้ยงบวกของ Lower gate driver

ขา 17 BLS B Low side connection

ขา 18 BLO B Low side Output

ขา 19 BHS A High Side source connection

ขา 20 BHO A High Side Output

การควบคุมมอเตอร์

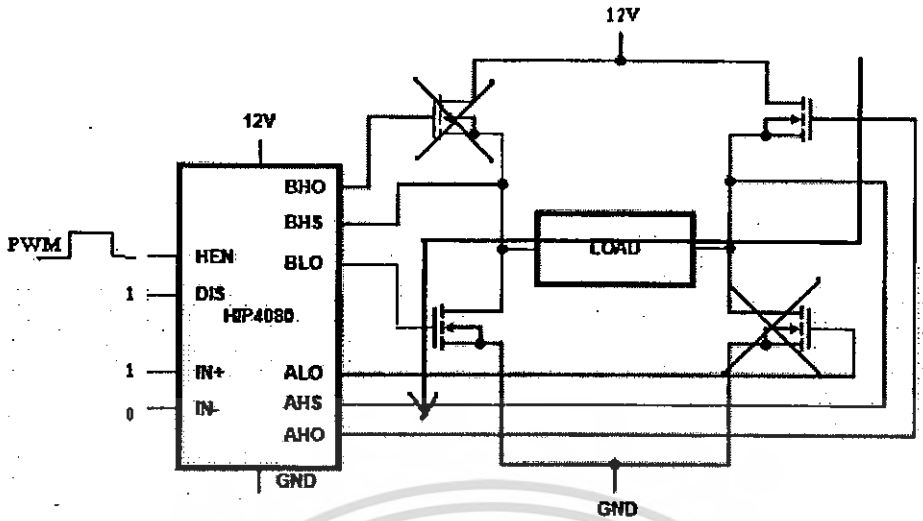
จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นว่า การที่จะควบคุมมอเตอร์ให้หมุนไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่งต้องให้มอเตอร์ IGBT ทำงานสลับข้างกันกล่าวคือ ชุดของ BHO กับ ALO ต้องทำงานพร้อมกันเพื่อสั่งมอเตอร์ให้หมุนไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่งโดยมี AHO และ BLO ต้องหยุดการทำงาน เช่นเดียวกันถ้าต้องการให้มอเตอร์ หมุนสลับทิศทางก็ต้องให้ AHO และ BLO ทำงานพร้อม ๆ กันพร้อมกับให้ BHO และ ALO หยุดทำงานไป และ เพื่อป้องกันการเสียหายที่จะเกิดกับตัว IC และ IGBT ต้องป้องกันไม่ให้ทั้ง BHO, ALO, BLO และ AHO ทำงานพร้อม ๆ กัน โดยการตั้งค่า High side turn-on delay และ LOW side turn-on delay เพื่อช่วยให้ IGBT ทั้ง High side และ Low side ของ H Bridge เกิดการ on ขึ้นพร้อม ๆ กันอันที่จะทำให้เกิดความเสียหายแก่ IGBT ได้ นอกจากนี้ที่ขาเกตของ IGBT แต่ละตัวต้องมีการใส่ค่าความต้านทาน และ ช็อคกี้ไดโอด เพื่อช่วยให้การคายประจุออกจากขาเกตให้เร็วที่สุด เพื่อช่วยป้องกันขาเกททะลุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

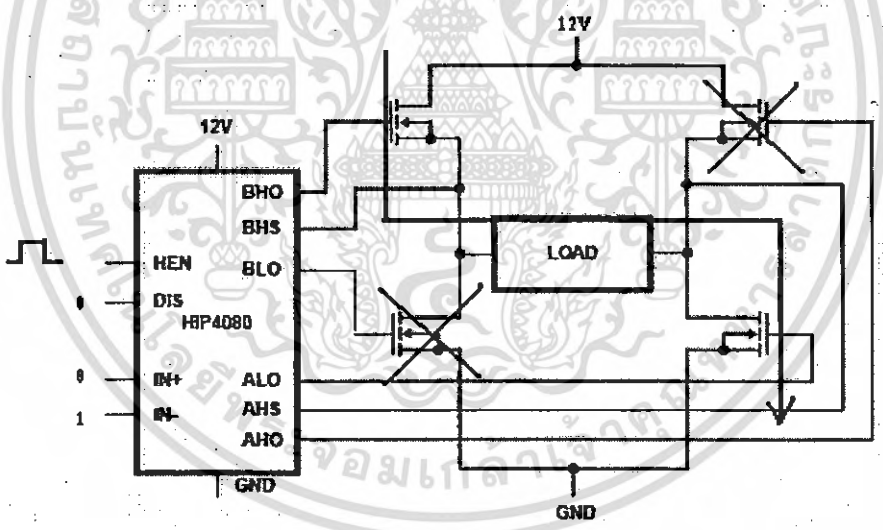
ในส่วนของการป้อนอินพุทนั้นจะป้อนสัญญาณ PWM เข้าไปที่ขา 2 หรือชุดบนของ H Bridge เพื่อใช้ในการปรับความเร็วของมอเตอร์ โดยจะป้อนสัญญาณ 1 และ 0 เข้าที่ขา IN+ และ IN- ตามลำดับสลับกันไป เพื่อช่วยในการควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ และป้อนสัญญาณ 1 ที่ขา DIS เมื่อต้องการที่จะหยุดรถ และเป็น 0 เมื่อต้องการให้รถเคลื่อนที่ โดยสัญญาณทุกสัญญาณนั้นจะต้องผ่าน Opto Isolator เพื่อทำหน้าที่แยกสัญญาณ และ กราวน์ของบอร์ดไดร์พมอเตอร์ และไมโครคอนโทรเลอร์ออกจากกัน เพื่อเป็นการแน่ใจได้ว่าสัญญาณรบกวนที่เกิดจากมอเตอร์จะไม่เข้าไปรบกวนการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

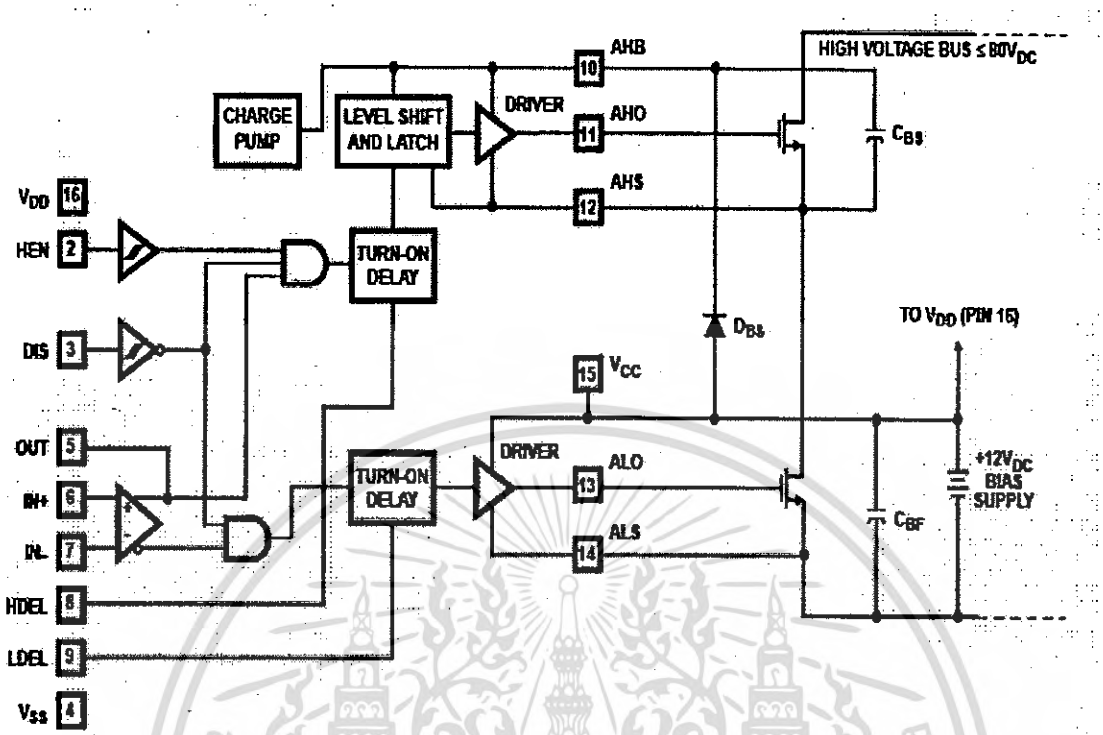


รูปที่ 3.2 แสดงการป้อนสัญญาณของวงจรขณะมอเตอร์หมุนไปข้างหน้า



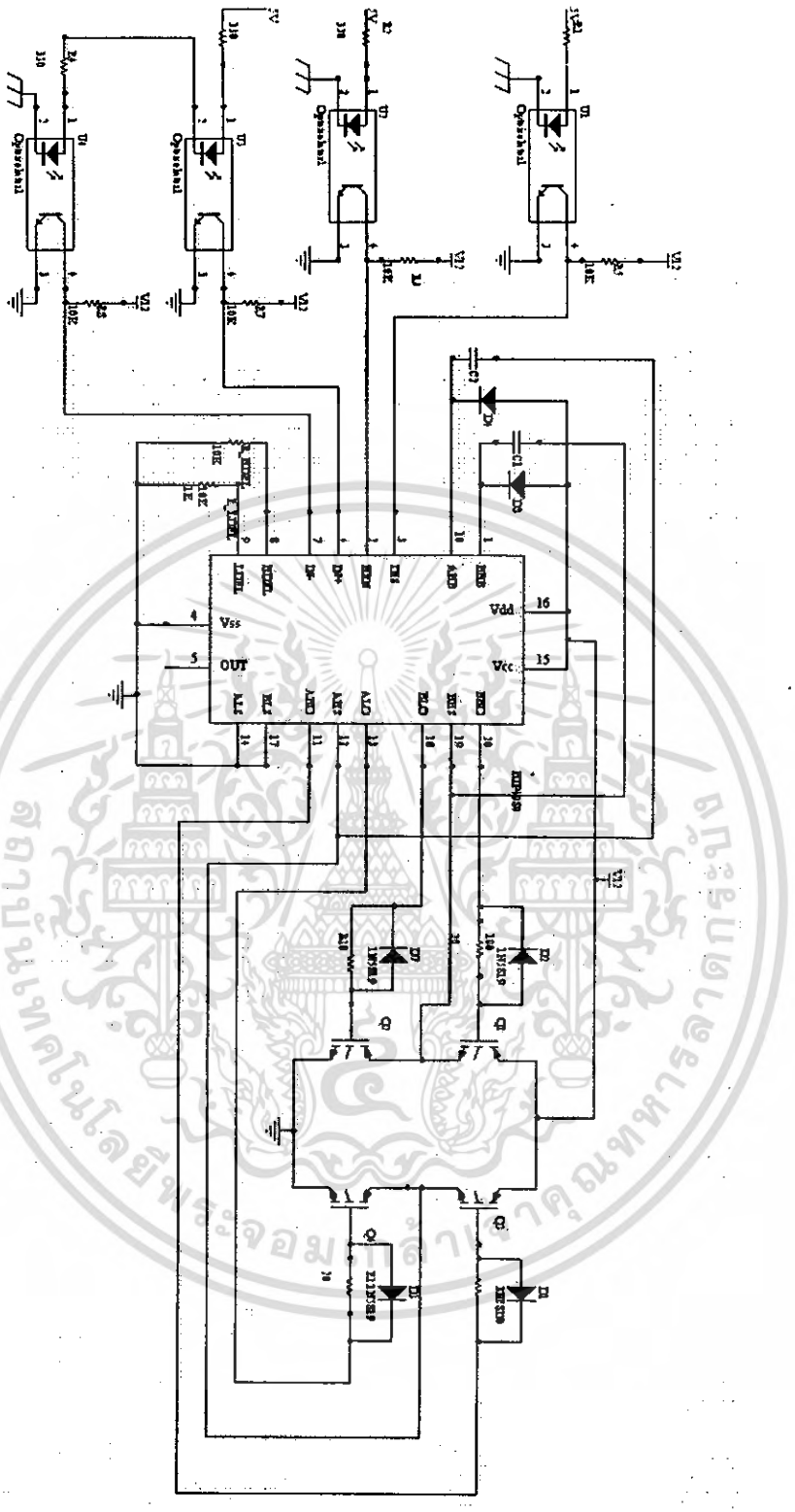
รูปที่ 3.3 แสดงการป้อนสัญญาณของวงจรขณะมอเตอร์หมุนไปข้างหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 Block Diagram แสดงการทำงานของ HIP4080A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แสดงวงจรสมบูรณ์ของวงจรขับมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคควบคุม

ในส่วนของภาคควบคุม ในโครงงานนี้จะใช้ปุ่มกด เพื่อใช้ในการควบคุมทิศทางของรถเข็น โดยมีปุ่มควบคุมทั้งหมด 4 ปุ่มประกอบด้วย เดินหน้า,ถอยหลัง,เลี้ยวซ้าย และเลี้ยวขวา โดยจะรับค่าเข้ามาทางพอร์ท 3.0,3.1,3.2,3.3 ตามลำดับโดยจะสั่งเข้าไปประมวลผลยังไมโครคอนโทรเลอร์ต่อไป

ไมโครคอนโทรลเลอร์ในโครงงานนี้จะต้องมีสัญญาณ PWM เพื่อใช้ในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์โดยในโครงงานนี้จะใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ในการสร้างสัญญาณพัลส์ขนาดความถี่ 1 กิโลเฮิรท์ โดยอาศัยหลักการทำงานของตัว Timer ที่มีอยู่ในตัวไมโครคอนโทรเลอร์ซึ่งสามารถอธิบายโปรแกรมได้เป็นFlow chartได้ดังต่อไปนี้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนสัญญาณอื่น ๆ ที่ใช้ในการควบคุมนั้นก็ได้แก่ สัญญาณ Input และสัญญาณ DIS ซึ่งหน้าที่ของสัญญาณต่าง ๆ ได้อธิบายไปแล้วในข้างต้น และได้มีการเพิ่มระบบ SOFT START ที่จะช่วยให้รถเข็นนั้นออกตัวได้อย่างนิ่มนวล เพื่อความปลอดภัยแก่ผู้พิการ โดยในการออกตัวเริ่มแรกนั้นจะให้เป็นค่าความเร็วที่ไม่มากนัก หลังจากนั้นจะค่อเพิ่มค่าความเร็วของรถไปเรื่อย ๆ ด้วยการเพิ่มค่า Duty Cycle จนถึงความเร็วของรถที่กำหนดเอาไว้

เนื่องจากข้อจำกัดของพอร์ทไมโครคอนโทรเลอร์เบอร์ P89V51RD2 ซึ่งสามารถขับกระแสได้เพียง 4 mA ทำให้เราไม่อาจนำไปใช้กับวงจรสำหรับวงจรไดร์พมอเตอร์ได้โดยตรง โดยเฉพาะการนำไปใช้ร่วมกับ Opto Isolator ที่โครงสร้างภายในนั้น LED ได้เพียงพอจึงต้องทำการต่อชุด Latch เพื่อช่วยในการขับกระแสเพิ่มเติมเข้าไป

ขั้นตอนการโปรแกรมใช้งาน TIMER

1. โหลดค่าให้แก่ TMOD เพื่อเลือกใช้โหมดของ TIMER 0 หรือ 1
2. โหลดค่าเริ่มต้นให้กับรีจิสเตอร์ TL และ TH
3. สั่งให้ TIMER เริ่มทำงาน
4. เมื่อบิตแฟลก TF มีค่าลอจิกเป็น 1 หมายความว่าเวลาได้เดินทางมาถึงค่าที่กำหนดแล้ว
5. สั่งให้ TIMER หยุดทำงาน
6. เคลียร์บิตแฟลก TF เพื่อใช้งานในครั้งต่อไป
7. กลับไปทำงานในขั้นตอนที่ 2 อีกครั้ง

ขั้นตอนการสร้างสัญญาณ PWM

1. หาค่าเวลา machine cycle จากสูตร 12/11.0592Mhz Us
2. คำนวณค่า 65536-n เมื่อ n คือค่าของเวลาที่ต้องการจับเวลา
3. เปลี่ยนค่าของเวลาที่คำนวณได้เป็นเลขฐาน 16 มีรูปแบบเป็น YYXX
4. โหลดค่า TL=XX และ TH=YY

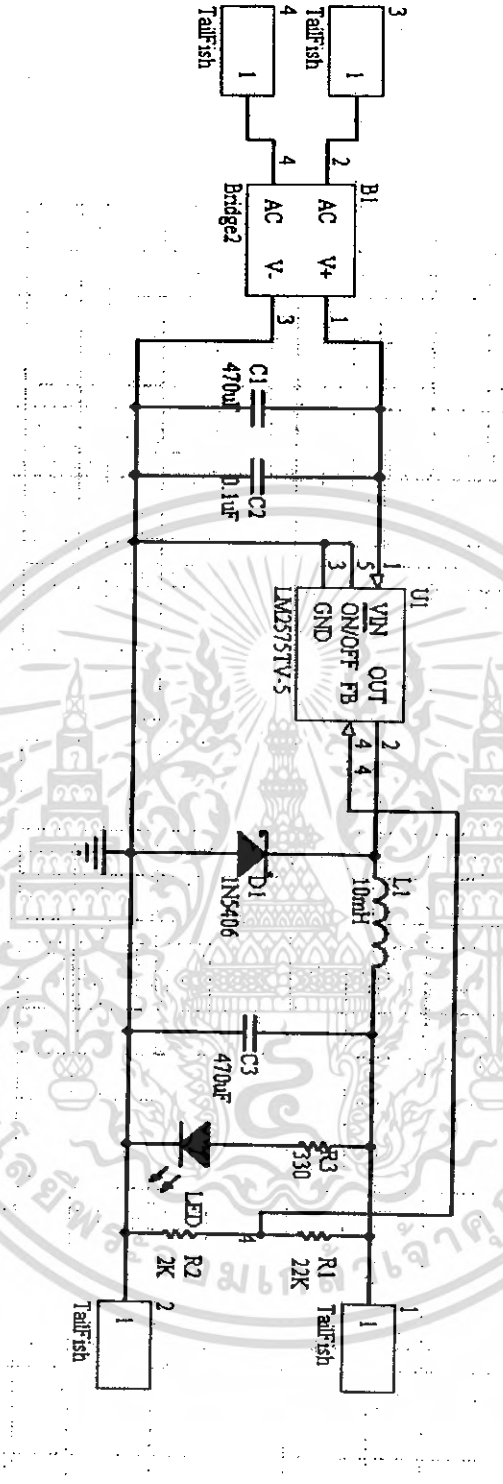
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบวงจรชาร์จแบตเตอรี่

เนื่องจากวงจรชุดขับมอเตอร์ต้องการไฟเลี้ยงฉะนั้นแหล่งพลังงานที่จะจ่ายให้กับวงจรก็คือแบตเตอรี่แต่เมื่อจ่ายไฟให้กับวงจรแบตเตอรี่จะมีแรงดันไฟลดลงเรื่อยๆจนไม่สามารถจ่ายให้กับวงจรได้อย่างเพียงพอ จึงต้องมีการออกแบบวงจรสำหรับชาร์จแบตเตอรี่ เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่อง

โดยการออกแบบวงจรสำหรับชาร์จแบตเตอรี่จะใช้ไอซี เรกูเลเตอร์ เบอร์ LM2576T-adj เป็นไอซีเรกูเลเตอร์ และใช้หม้อแปลงขนาด 220 V to 18 V ac / 1 A โดยกำหนดแรงดันไฟทางด้านเอาท์พุตไว้ที่ประมาณ 14.8 โวลต์ โดยปริมาณกระแสจะขึ้นอยู่กับแรงดันของแบตเตอรี่ในขณะนั้นว่ามีแรงดันขนาดเท่าไร โดยปริมาณกระแสสูงสุดจะไม่เกิน 1 A ตามขนาดของหม้อแปลง แสดงวงจรสมบูรณ์ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 วงจรชาร์จแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

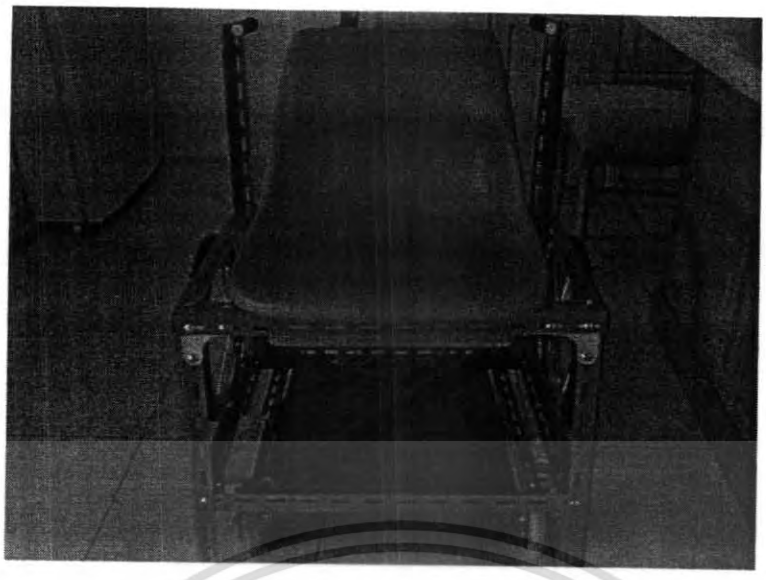
การออกแบบโครงสร้างรถ

เนื่องจากโครงงานนี้เป็นการออกแบบรถไฟฟ้าสำหรับคนพิการดังนั้นรถเข็นสำหรับคนพิการทั่วไปจึงไม่สามารถนำมาใช้ได้ ดังนั้นจึงได้ออกแบบโครงสร้างรถขึ้นมาใหม่ทั้งหมดโดยใช้เหล็กโครงแบบฉาก ซึ่งสะดวกในการออกแบบ และประกอบ โดยการออกแบบตัวรถหลักๆ จะมีส่วนประกอบคือ

1. เหล็กฉากขนาดต่างๆดังนี้
   - ขนาด 27.5 นิ้วจำนวน 2 เส้น
   - ขนาด 23.5 นิ้วจำนวน 4 เส้น
   - ขนาด 19.5 นิ้วจำนวน 6 เส้น
   - ขนาด 17.5 นิ้วจำนวน 2 เส้น
   - ขนาด 14.5 นิ้วจำนวน 2 เส้น
   - ขนาด 4.5 นิ้วจำนวน 2 เส้น
2. ล้อรถจักรยานขนาด 16 นิ้วจำนวน 2 ล้อ
3. ชุดเฟืองสำหรับล้อจักรยาน 2 ชุด
4. เก้าอี้นั่ง 1 ตัว

โดยโครงสร้างของรถทั้งหมดจะทำการประกอบขึ้นโดยใช้วิธีการขันน็อตสกรู(ตามรูป) ซึ่งผู้จัดทำคิดว่ารับน้ำหนักมอเตอร์ แบตเตอรี่และคนนั่งได้อย่างแน่นอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 โครงสร้างรถด้านหน้า

รูปที่ 3.8 โครงสร้างรถด้านหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.9 โครงสร้างรถด้านข้างทั้ง 2 ด้าน

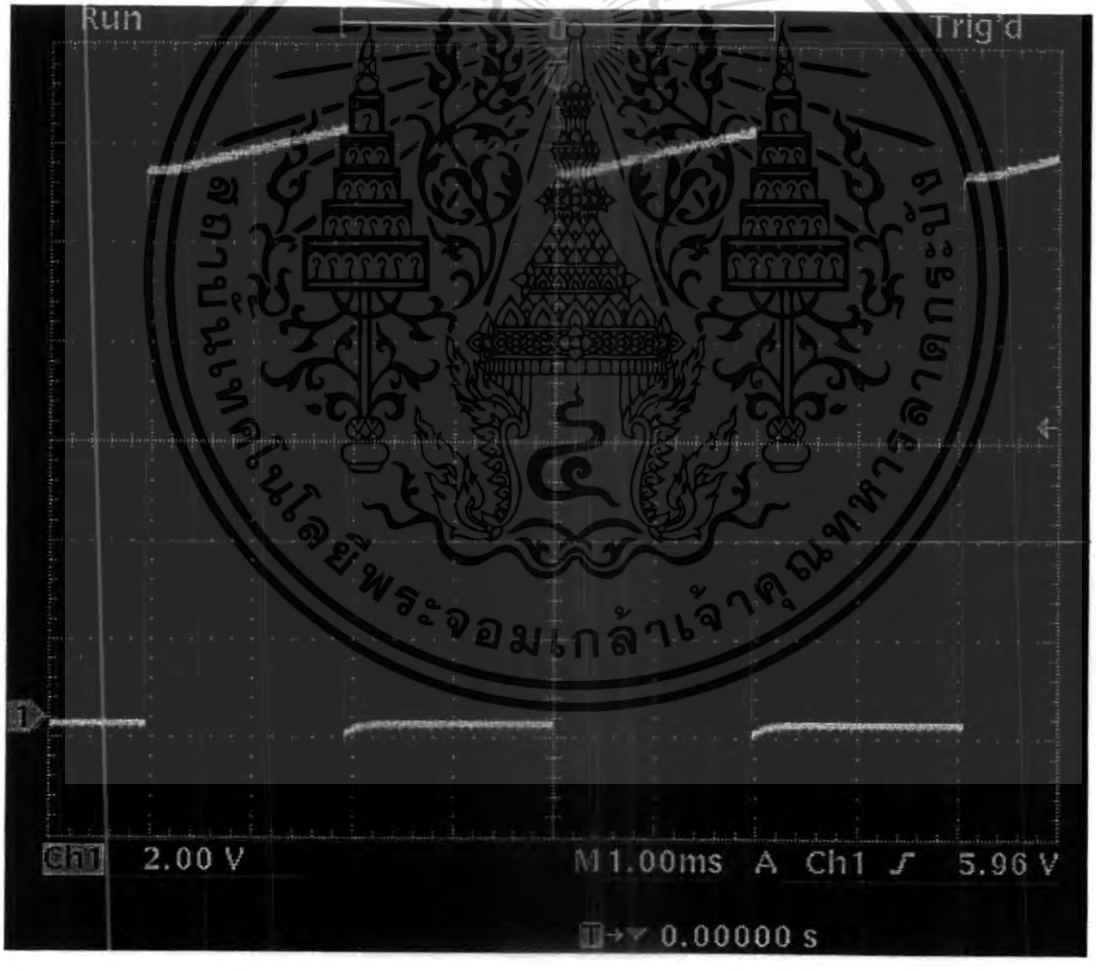
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

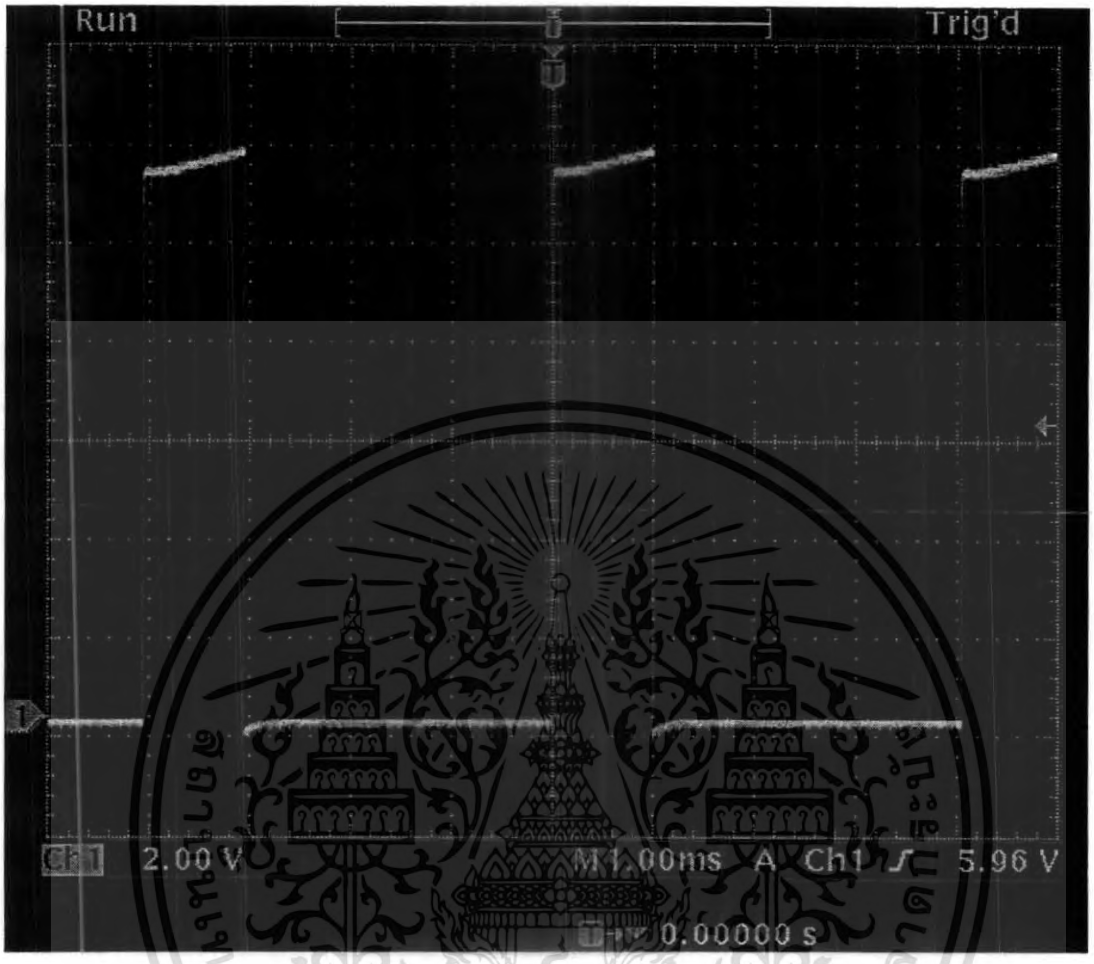
วิธีการทดลอง

การทดลองทำได้โดยการป้อนสัญญาณ 12 V จากแบตเตอรรี่ และวัดสัญญาณที่ขา 13,14,18 และ 20 เมื่อวัดเทียบกับเอาท์พุท ที่ต่อกับมอเตอร์ และทดลองโดยการใช้โหลดที่น้ำหนักต่าง ๆ โดยการป้อนสัญญาณพัลส์ค่า Duty Cycle 25%,50% และ 1 ตามลำดับ โดยใช้โหลดที่มีน้ำหนักตั้งแต่ 50-75 กิโลกรัมโดยที่มีน้ำหนักรถที่ 25.7 KG โดยการวัดระยะทาง และเวลา จากนั้นนำมาคำนวนหาความเร็วของรถโดยเฉลี่ยที่น้ำหนักต่าง ๆ กัน ซึ่งได้ผลการทดลองตามกราฟ และตารางตามนี้



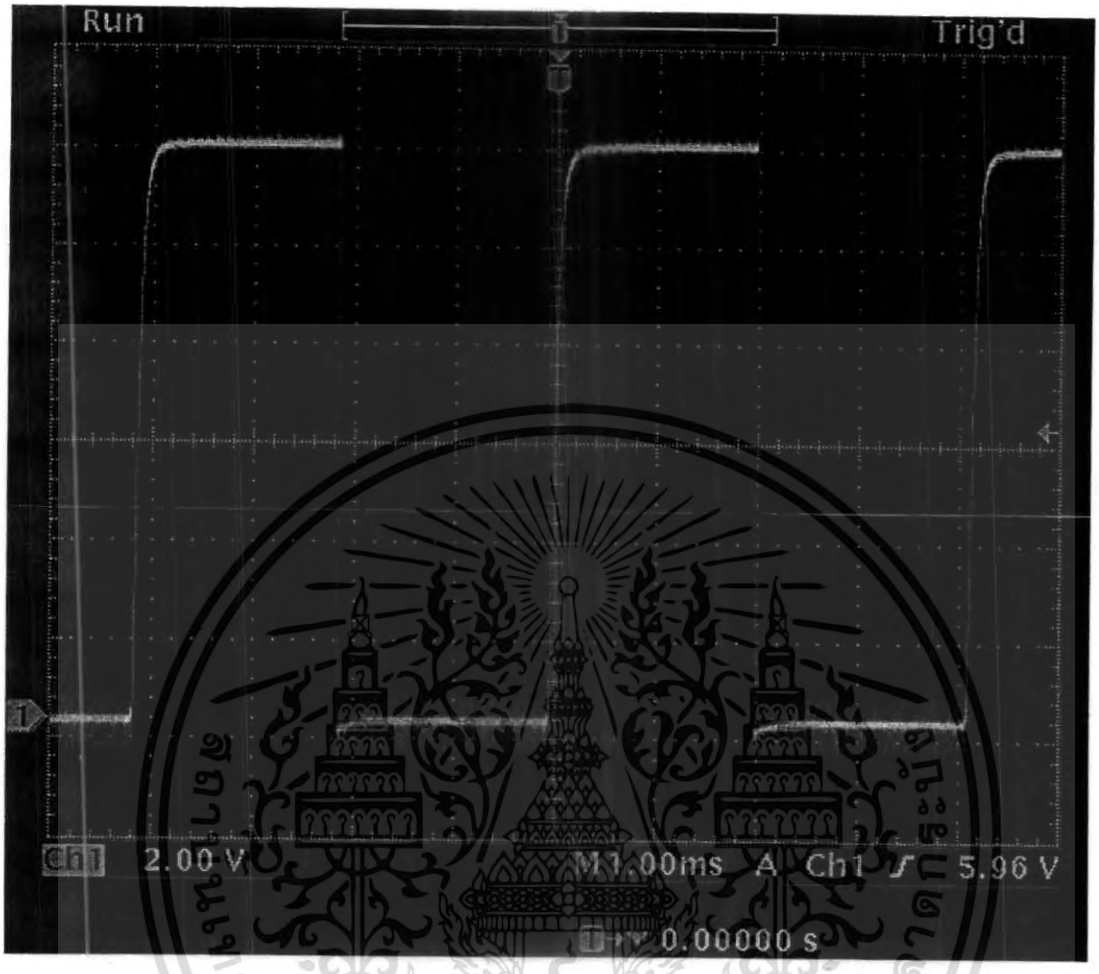
รูปที่ 4.1 แสดงสัญญาณที่วัดระหว่างขาBHOกับเอาต์พุตโดยสัญญาณPWMมีค่า DUTYCYCLE 50 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



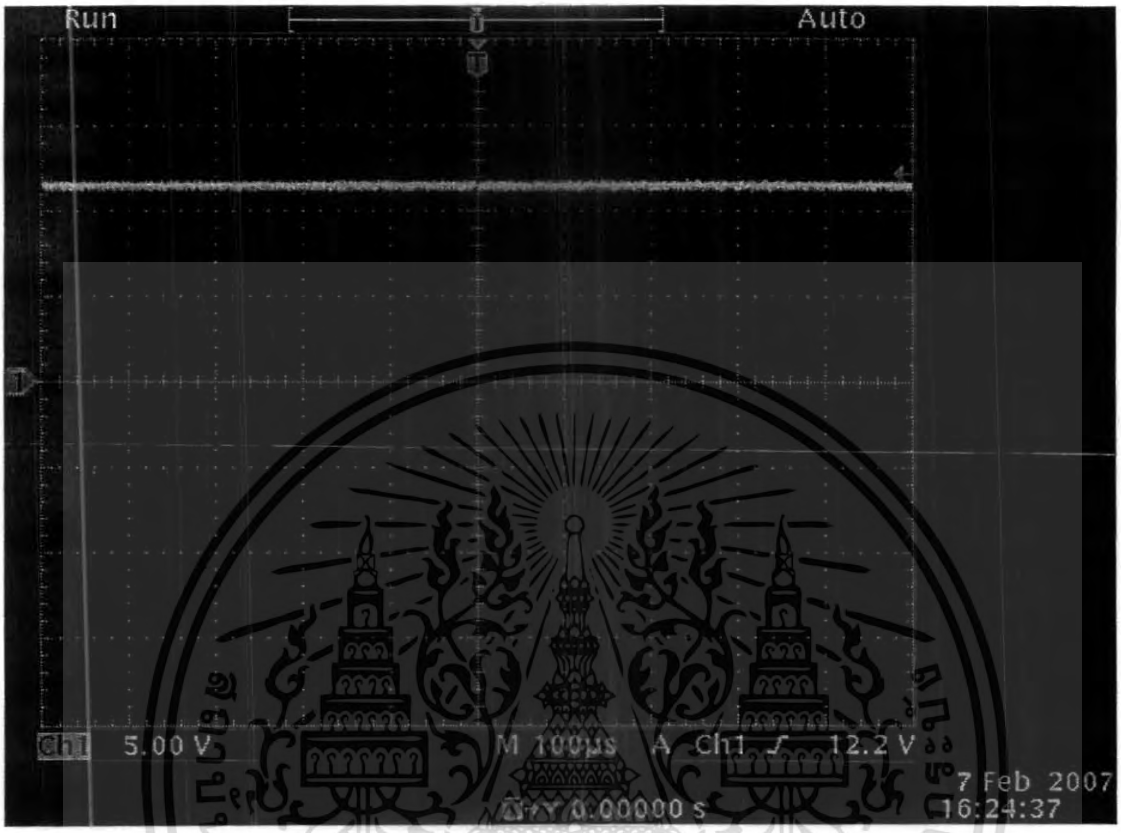
รูปที่ 4.2 แสดงสัญญาณที่วัดระหว่างขาBHOกับเอาต์พุตโดยสัญญาณPWMมีค่า DUTY CYCLE 25 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แสดงสัญญาณที่วัดระหว่างขาเกตของ IGBT กับ เอาต์พุตโดยสัญญาณ PWM มีค่า DUTY CYCLE 50 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แสดงสัญญาณที่วัดระหว่างขา ALO กับเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำหนัก	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
65 Kg	1.07 m/s	1 m/s	0.96 m/s	1.01 m/s
70 Kg	1 m/s	0.88 m/s	0.8 m/s	0.88 m/s
75 Kg	0.71 m/s	0.75 m/s	0.66 m/s	0.70 m/s

ตารางแสดงความเร็วของรถเมื่อสัญญาณ PWM มีค่า DUTY CYCLE 100% ที่น้ำหนักค่าต่างๆ

น้ำหนัก	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
45 Kg	1.2 m/s	0.93 m/s	1.03 m/s	1.05 m/s
50 Kg	0.95 m/s	1.03 m/s	1 m/s	0.99 m/s
55 Kg	0.78 m/s	0.91 m/s	0.85 m/s	0.84 m/s

ตารางแสดงความเร็วของรถเมื่อสัญญาณ PWM มีค่า DUTY CYCLE 50 % ที่น้ำหนักค่าต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

1. ที่น้ำหนักประมาณ 45-60 Kg ป้อนสัญญาณ PWM DUTY CYCLE 50% สามารถวิ่งได้ที่ความเร็วประมาณ 3.46 Km/H ถ้าโหลดมีน้ำหนักมากกว่านี้จะสามารถวิ่งได้แต่ไม่สามารถเลี้ยวได้
2. ที่น้ำหนักประมาณ 60-75 Kg ป้อนสัญญาณ PWM DUTYCYCLE 100% สามารถวิ่งได้ที่ความเร็วประมาณ 3.1 Km/H
3. น้ำหนักของตัวรถสุทธิ (โครงสร้าง และ แบตเตอรี่) 25.7 Kg
4. ใช้งานต่อเนื่องได้นาน 2-3 ชั่วโมง
5. เวลาในการประจุแบตเตอรี่ 45 ชั่วโมง
6. รองรับน้ำหนักได้สูงสุด 100 Kg (รถ+คนนั่ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
ปัญหาที่พบและการแก้ไข

ปัญหาที่พบในโครงงานนี้สามารถแบ่งได้ดังนี้

1. เนื่องจากคุณสมบัติของไอซีเบอร์ HIP4080A นั้นให้ค่าของ Delay Time นั้นมาน้อยกว่าค่าเวลาในการคายประจุของ IGBT ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้สูงมากที่อาจจะทำให้ IGBT เกิดการ short circuit ซึ่งแก้ไขได้โดยการปรับค่า Delay Time ในตัว Microcontroller แทน
2. ในการที่จะเปลี่ยนทิศทางของ Motor แต่ละครั้งนั้นต้องแน่ใจว่ารถนั้นหยุดสนิทแล้วเพราะอาจจะทำให้เกิดอันตรายกับตัวIGBTได้ ทางแก้นั้นอาจจะทำได้โดยการใช้มอเตอร์ที่มี Encoder เพื่อใช้ในการตรวจสอบว่ามอเตอร์หยุดหมุนแล้วหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้