

ปริญญาานิพนธ์

หุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส

TENNIS BALL KEEPER ROBOT



รฟ.
๗๖๑๘๒๗
๒๕๔๙

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 75156
วัน,เดือน,ปี..... 24 ต.ค. 2550

b. 118 15219
i.....

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง หุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส

Tennis Ball Keeper Robot

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51, อินฟราเรด, รีเลย์ และมอเตอร์
2. เพื่อออกแบบชุดเก็บลูกเทนนิส, ชุดขับเคลื่อนและวงจรควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์
3. เพื่อสร้างหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส
4. เพื่อทดลองการเก็บลูกเทนนิสของหุ่นยนต์
5. เพื่อนำหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิสไปใช้งานจริง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้รับความรู้เรื่องการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51, อินฟราเรด, รีเลย์ และมอเตอร์
2. ได้ชุดเก็บลูกเทนนิส, ชุดขับเคลื่อน และวงจรควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์
3. ได้หุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส
4. ได้ผลการทดลองการเก็บลูกเทนนิสของหุ่นยนต์
5. นำหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิสไปใช้งานได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	หุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส	
นักศึกษา	นายนพรัตน์	รุ่งเรืองจินดา
	นายสราวุธ	เรืองขจิต
	นางสาวอันชรี	ไชยนุต
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ปิยะ	ศุภวราสุวัฒน์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผศ. สุชิน	อาจหาญ
หลักสูตร	วิศวกรรมอุตสาหการระดับบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม	
ปีการศึกษา	2549	

บทคัดย่อ

ปริญญาโทฉบับนี้นำเสนอการออกแบบและการสร้างหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส ซึ่งประกอบด้วย การออกแบบชุดเก็บลูกเทนนิส ชุดขับเคลื่อนของหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส รวมทั้งวงจรอื่นๆ ที่สำคัญ ได้แก่ วงจรนับและแสดงผลด้วย 7 Segments 3 หลัก และวงจรควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ หลักการทำงานของหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิสนั้นได้ออกแบบให้ทำงานแบบบังคับด้วยมือ โดยได้ทำการเขียนโปรแกรมรับค่าจากปุ่มควบคุมเพื่อใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ด้วยภาษาแอสเซมบลีและนำไปโปรแกรมให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่เก็บลูกเทนนิสตามการบังคับของผู้ใช้งาน และมีวงจรมับจำนวนลูกเทนนิสที่ควบคุมการนับโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถนับได้สูงสุด 100 ลูก และตะกร้าที่ใส่ลูกสามารถถอดเปลี่ยนได้

II

Thesis Title	Tennis Ball Keeper Robot	
Students	Mr.Nopparat	Rungrueangjinda
	Mr.Sarawut	Ruangkhachit
	Miss Ancharee	Chainut
Advisor	Mr.Piya	Supavarasuwat
Co-Advisor	Assist.Prof.Suchin	Adhan
Education Level	Bachelor of Science in Industrial Education	
Program in	Telecommunication Engineering	
Academic Year	2006	

ABSTRACT

This thesis purposes a design and development of the tennis ball keeper robot. It consists of two parts a tennis keeping and part driving. The most vital thing of the robot is the counter and display with 7 segments and 3 digits of driving control circuits. The principle of tennis ball keeper robot is designed to manual work. We program the microcontroller MCS-51 with an assembly to control the robot, so the robot will move according to the controlling from a controller. In addition, the robot has a counter circuit that can count the numbers of tennis balls, which can be up to 100 balls. Also, the keeping basket, which is used for collecting the tennis balls and can be removed and changed.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีนั้น เนื่องมาจากความร่วมมือของสมาชิกทุกคนในกลุ่ม ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์, ผศ.สุชิน อัจฉาญ และรศ.วิสุทธิ สุนทรกนกพงศ์ ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ในการจัดทำโครงการและคอยชี้แนะให้คำปรึกษาสำหรับแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นตลอดการทำโครงการด้วยดีเสมอมา ขอขอบพระคุณอาจารย์โกศล ตราชู ที่ได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการควบคุมมอเตอร์ ขอขอบพระคุณดร.ณรงค์ พิมสาร ที่ช่วยให้คำแนะนำในการแปลบทคัดย่อเป็นภาษาอังกฤษ ตลอดจนขอขอบพระคุณคณาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกท่านที่คอยชี้แนะข้อบกพร่องและให้คำปรึกษาต่างๆ สำหรับการจัดทำโครงการและปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นอย่างสูง ขอขอบคุณคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่และสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ เป็นอย่างยิ่ง

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ญาติพี่น้องผู้มีพระคุณและบูรพคณาจารย์ทุกท่านที่ได้สั่งสอนและประสิทธิ์ประสาทวิชาในทุกๆ ด้าน ทำให้คณะผู้จัดทำมีความรู้ในด้านต่างๆ ตลอดเรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน และสุดท้ายนี้ขอขอบคุณเพื่อนๆ สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม รวมทั้งรุ่นพี่และรุ่นน้องทุกคนที่คอยเป็นกำลังใจให้แก่คณะผู้จัดทำด้วยดีเสมอมา

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 จุดมุ่งหมายของโครงการ	1
1.3 สมมุติฐานของการจัดทำโครงการ	1
1.4 ขีดความสามารถของโครงการ	1
1.5 ขั้นตอนการทำโครงการ	2
1.6 เนื้อหาโดยสังเขป	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	4
2.1 กล่าวนำ	4
2.2 ความรู้เกี่ยวกับก๊ีฟ้าเหนินิส	4
2.2.1 สนามเหนินิส	4
2.2.2 ลูกเหนินิส	5
2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51	6
2.3.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51	6
2.3.2 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51	7
2.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	9
2.4.1 ประเภทของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	9
2.4.2 ระบบการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบพื้นฐาน	12
2.4.3 การทำงานของวงจรรขยายแบบพัลส์วิดท์มอดูเลชัน	13
2.4.4 การควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	14
2.4.5 การขับและกลับทิศทางของมอเตอร์กระแสตรง	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.5 รีเลย์	19
2.5.1 ส่วนประกอบที่สำคัญของรีเลย์	19
2.5.2 หลักการทำงานของรีเลย์	19
2.5.3 ลักษณะการใช้งานรีเลย์	20
2.6 ภาควัดขั้วมอเตอร์	21
2.6.1 วงจรพื้นฐานในภาควัดขั้วมอเตอร์	21
2.6.2 การจำแนกโพล	25
2.6.3 การเชื่อมต่อของหน้าสัมผัส	27
2.7 การขั้วมอเตอร์โดยใช้ข้อต่อโตคัปเปิลอร์	28
2.8 อุปกรณ์ตรวจจับทางแสง	30
2.8.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับอุปกรณ์ตรวจจับทางแสง	30
2.8.2 อุปกรณ์ส่งสัญญาณแสง	30
2.8.3 อุปกรณ์รับสัญญาณแสง	31
2.9 การควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส	34
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน	35
3.1 กล่าวนำ	35
3.2 โครงสร้างของหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส	36
3.2.1 การออกแบบโครงสร้างของหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส	36
3.2.2 การออกแบบชุดล้อขับเคลื่อน	37
3.2.3 การออกแบบถาดพักลูก	37
3.2.4 การออกแบบตะกร้าใส่ลูกเทนนิส	38
3.2.5 การออกแบบเพลากวาดลูกเทนนิสและสายพานลำเลียงลูกเทนนิส	39
3.3 วงจรควบคุมแรงดันไฟ 5 โวลต์	40
3.4 วงจรควบคุมการนับ	40
3.5 วงจรส่งสัญญาณอินฟราเรด 38 kHz	42
3.6 วงจรโมดูลรับแสงอินฟราเรดความถี่ 38 kHz	42
3.7 วงจรขับและกลับทิศทางมอเตอร์โดยใช้มอสเฟต	43
3.8 บอร์ดขั้วมอเตอร์ ET-OPTO DC MOTOR DRIVER 6-24V/5A	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.9 วงจรข้อแสดงผล 7 Segments 3 หลัก	45
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	46
4.1 กล่าวนำ	46
4.2 การทดลองวงจรส่งและรับสัญญาณอินฟราเรดความถี่ 38 kHz	46
4.3 การทดลองการควบคุมมอเตอร์ขับเคลื่อนล้อ	48
4.4 การทดลองการนับจำนวนลูกเทนนิส	49
4.5 การทดลองการเก็บลูกเทนนิส	50
บทที่ 5 บทสรุป	51
5.1 สรุป	51
5.2 ปัญหาและวิธีการแก้ไข	51
5.3 แนวทางการพัฒนา	52
บรรณานุกรม	53
ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ	54
ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์	61
ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์	69
ภาคผนวก ง รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์	74
ภาคผนวก จ ผังงาน	98
ภาคผนวก ฉ รหัสต้นฉบับของโปรแกรม	100
ภาคผนวก ช คู่มือการใช้งาน	103
ประวัติผู้แต่ง	109

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ลักษณะการหมุนของมอเตอร์	24
2.2 ย่านความถี่ของคลื่นและความยาวคลื่นแสง	30
2.3 หลักการเคลื่อนที่และการเลี้ยวของหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส	34
4.1 ผลการทดลองการควบคุมมอเตอร์ขับเคลื่อนล้อ	48
4.2 ผลการทดลองการนับจำนวนลูกเทนนิส	49
4.3 ผลการทดลองการเก็บลูกเทนนิส	50
ค.1 รายการอุปกรณ์ของวงจรควบคุมแรงดันไฟ 5 โวลต์	70
ค.2 รายการอุปกรณ์ของวงจรควบคุมการนับ	70
ค.2 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรควบคุมการนับ	71
ค.3 รายการอุปกรณ์ของวงจรส่งสัญญาณอินฟราเรดความถี่ 38 kHz	71
ค.4 รายการอุปกรณ์ของวงจรรับสัญญาณอินฟราเรดความถี่ 38 kHz	71
ค.4 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรรับสัญญาณอินฟราเรดความถี่ 38 kHz	72
ค.5 รายการอุปกรณ์ของวงจรขับจอแสดงผล 7 Segments	72
ค.6 รายการอุปกรณ์ของวงจรขับมอเตอร์โดยใช้มอสเฟต	72
ค.6 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรขับมอเตอร์โดยใช้มอสเฟต	73
ค.7 รายการอุปกรณ์ส่วนโครงสร้างของหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส	73
ช.1 การแก้ปัญหาเบื้องต้น	107
ช.2 ข้อมูลจำเพาะ	108

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	7
2.2 ลักษณะโครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน	10
2.3 ลักษณะโครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม	11
2.4 ลักษณะโครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวร	12
2.5 ระบบการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบพื้นฐาน	12
2.6 วงจรพื้นฐานของวงจรถยายแบบพัลส์วิธมอดูเลชัน	13
2.7 วงจรควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงแบบใช้ตัวต้านทานอนุกรม	14
2.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความเร็วและแรงบิดของมอเตอร์	15
2.9 กราฟแสดงคุณสมบัติของการควบคุมความเร็วโดยเปลี่ยนค่าแรงดัน	15
2.10 ความกว้างของพัลส์ขนาดต่างๆ และค่าดีวีดีไอเคิลของช่วงพัลส์ที่มีความถี่คงที่	16
2.11 การกลับทิศทางของมอเตอร์กระแสตรงโดยใช้รีเลย์	17
2.12 การใช้ทรานซิสเตอร์เพื่อขับรีเลย์ให้ทำงาน	18
2.13 การใช้ทรานซิสเตอร์เป็นวงจรถับและกำหนดทิศทางของมอเตอร์กระแสตรง	18
2.14 รีเลย์ลักษณะต่างๆ	20
2.15 วงจรภายในรีเลย์	22
2.16 วงจรกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์กระแสตรงโดยใช้รีเลย์	23
2.17 วงจร H-Bridge	24
2.18 สัญลักษณ์ของออปโตคัปเปิลอร์แบบต่างๆ	28
2.19 การขับออปโตคัปเปิลอร์ด้วยข้อมูลดิจิทัล	29
2.20 การต่อใช้งานอินฟราเรดแอลอีดี	31
2.21 สัญลักษณ์และการไบอัสใช้งานโฟโตไดโอด	32
2.22 สัญลักษณ์ โครงสร้าง และวงจรสมมูลของโฟโตทรานซิสเตอร์	32
2.23 สัญลักษณ์และโครงสร้างของโฟโตดาร์ลิ่งตันทรานซิสเตอร์	33
2.24 รูปร่างและวงจรใช้งานของ TSOP4838	33
3.1 แผนผังการทำงานของหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส	35
3.2 โครงสร้างของหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส	36
3.3 ภาพด้านหน้าและด้านบนของหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส	36
3.4 ภาพด้านข้างของหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.5 การออกแบบชุดล้อขับเคลื่อน	37
3.6 ขนาดของถาดพักลูก	38
3.7 ภาพด้านบนของตะกร้าใส่ลูกเทนนิส	38
3.8 ภาพด้านข้างของตะกร้าใส่ลูกเทนนิส	38
3.9 ลักษณะรูปร่างของตะกร้าใส่ลูกเทนนิส	39
3.10 ลักษณะของเพลากวาดและสายพานลำเลียงลูกเทนนิส	39
3.11 วงจรควบคุมแรงดัน 5 โวลต์	40
3.12 วงจรควบคุมการนับ	41
3.13 วงจรส่งสัญญาณอินฟราเรด 38 kHz	42
3.14 หลักการทำงานและลักษณะของโมดูลรับแสงอินฟราเรด	43
3.15 วงจรขับและกลับทิศทางมอเตอร์โดยใช้มอสเฟต	43
3.16 บอร์ดขับมอเตอร์ ET-OPTO DC MOTOR DRIVER 6-24V/5A	44
3.17 วงจรแสดงผลด้วย 7 Segments 3 หลัก	45
4.1 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรส่งสัญญาณอินฟราเรดความถี่ 38 kHz	47
4.2 สัญญาณเอาต์พุตของโมดูลรับสัญญาณอินฟราเรดความถี่ 38 kHz ขณะไม่มีสิ่งกีดขวาง	47
4.3 สัญญาณเอาต์พุตของโมดูลรับสัญญาณอินฟราเรดความถี่ 38 kHz ขณะมีสิ่งกีดขวาง	47
ก.1 ด้านหน้าของหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส	55
ก.2 ด้านหลังของหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส	55
ก.3 ด้านข้างของหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส	55
ก.4 ลักษณะของสายพานลำเลียงลูกเทนนิส	56
ก.5 ลักษณะของเพลากวาดลูกเทนนิส	56
ก.6 ชุดล้อขับเคลื่อนของหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส	56
ก.7 บอร์ด ET-OPTO DC MOTOR DRIVER 6-24V/5A	57
ก.8 วงจรขับมอเตอร์โดยใช้มอสเฟต	57
ก.9 วงจรควบคุมแรงดันไฟ 5 โวลต์	57
ก.10 วงจรควบคุมการนับ	58
ก.11 จอแสดงผล 7 Segments 3 หลัก	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ก.12 วงจรขับจอแสดงผล 7 Segments	58
ก.13 วงจรส่งอินฟราเรดความถี่ 38 kHz	59
ก.14 วงจรรับอินฟราเรดความถี่ 38 kHz	59
ก.15 การติดตั้งตัวรับอินฟราเรด TSOP4838	59
ก.16 การติดตั้งวงจรรับ/ส่งอินฟราเรดความถี่ 38 kHz	60
ก.17 ลักษณะของตะกร้าใส่ลูกเทนนิส	60
ก.18 ล้ออิสระ	60
ข.1 วงจรควบคุมแรงดันไฟ 5 โวลต์	62
ข.2 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรควบคุมแรงดันไฟ 5 โวลต์	62
ข.3 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรควบคุมแรงดันไฟ 5 โวลต์	62
ข.4 วงจรควบคุมการนับ	63
ข.5 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรควบคุมการนับ	63
ข.6 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์วงจรควบคุมการนับ	64
ข.7 วงจรส่งอินฟราเรด 38 kHz	64
ข.8 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรส่งอินฟราเรด 38 kHz	64
ข.9 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์วงจรส่งอินฟราเรด 38 kHz	65
ข.10 วงจรรับอินฟราเรดความถี่ 38 kHz	65
ข.11 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรรับอินฟราเรดความถี่ 38 kHz	65
ข.12 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์วงจรรับอินฟราเรดความถี่ 38 kHz	65
ข.13 วงจรแสดงผลด้วย 7 Segments 3 หลัก	66
ข.14 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรแสดงผลด้วย 7 Segments 3 หลัก	66
ข.15 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์วงจรแสดงผลด้วย 7 Segments 3 หลัก	67
ข.16 วงจรขับมอเตอร์โดยใช้มอสเฟต	67
ข.17 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรขับมอเตอร์โดยใช้มอสเฟต	68
ข.18 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์วงจรขับมอเตอร์โดยใช้มอสเฟต	68
จ.1 ฟังงานของหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส	99
ช.1 ส่วนประกอบต่างๆ ของหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส	105
ช.2 ชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส	106

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันกีฬาเทนนิสเป็นที่นิยมเล่นกันแพร่หลายจึงมีการเรียนการสอนขึ้นตามสปอร์ตคลับอย่างมาก และในการเรียนการสอนนั้นผู้เรียนจะต้องตีลูกเทนนิสเป็นจำนวนมากครั้งละประมาณ 80 ถึง 100 ลูกต่อคน โดยจะตีไปทางเดียวจนลูกเทนนิสหมด จากนั้นจะมีพนักงานมาเดินเก็บลูกเทนนิส โดยเป็นการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการจ้างพนักงานเก็บลูกเทนนิสและหากผู้เล่นเดินเก็บเองก็จะทำให้เหนื่อยมากขึ้น โดยที่การก้มๆ เงยๆ หลายครั้งจะทำให้ร่างกายเมื่อยล้าและส่งผลให้ปวดหลังมากขึ้น

1.2 จุดมุ่งหมายโครงการ

คณะผู้จัดทำได้สร้างหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิสขึ้นมา เพื่อช่วยในการเก็บลูกเทนนิสที่กระจัดกระจายอยู่ในสนามขณะที่ทำการซ้อม ซึ่งจะช่วยให้ประหยัดแรงงานในการเก็บลูกเทนนิส อีกทั้งโครงการนี้ยังมีส่วนช่วยให้ผู้ที่สนใจจะศึกษาการสร้างหุ่นยนต์แบบอัตโนมัติได้รับความรู้เกี่ยวกับการออกแบบในส่วนต่างๆ เช่น โครงสร้างของตัวหุ่นยนต์, การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51, มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงรีเลย์, ภาคขับมอเตอร์, อุปกรณ์ตรวจจับทางแสง และการสร้างวงจรต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง อีกทั้งยังสามารถนำหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิสนี้ไปพัฒนาเพื่อทำประโยชน์อื่นๆ ได้อีกด้วย

1.3 สมมุติฐานของการจัดทำโครงการ

เพื่อลดแรงงานคนที่ต้องใช้ในการเก็บลูกเทนนิสและเพิ่มความรวดเร็วในการเก็บลูกเทนนิสจึงได้ออกแบบวิธีการเก็บลูกเทนนิส โดยใช้หุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิสที่ทำงานแบบอัตโนมัติโดยใช้อินฟราเรดเป็นตัวตรวจจับสิ่งกีดขวางข้างสนามโดยเคลื่อนที่เก็บลูกเทนนิสไปเรื่อยๆ จนเข้าใกล้รั้วหุ่นยนต์ก็จะเลี้ยว 180 องศาเพื่อเก็บลูกเทนนิสไปเรื่อยๆ ตามแนวระนาบสนามจนครบครึ่งสนามและมีวงจรนับลูกเทนนิส โดยเมื่อครบตามจำนวนที่กำหนดไว้หุ่นยนต์จะวิ่งกลับไปยังจุดเริ่มต้นเพื่อเปลี่ยนตะกร้าลูกเทนนิส

1.4 ขีดความสามารถของโครงการ

1. สามารถเก็บลูกเทนนิสได้บนสนามเทนนิสคอร์ตคอนกรีต
2. ตะกร้าบรรจุลูกเทนนิสสามารถถอดเปลี่ยนได้
3. ตะกร้าสามารถบรรจุลูกเทนนิสได้สูงสุด 100 ลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. มีวงจรมัลติเพลกเทินนิสที่แสดงผลด้วย 7 Segments 3 หลัก
5. สามารถเก็บลูกเทินนิสได้ครึ่งสนาม
6. สามารถใช้เก็บลูกเทินนิสได้กับสนามเทินนิสแบบคอร์ตเดี่ยว

1.5 ขั้นตอนการทำโครงการ

โครงการนี้ประกอบด้วยฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ซึ่งการทำงานในระยะแรกจะเริ่มต้นจากการสร้างตัวหุ่นยนต์เก็บลูกเทินนิส หลังจากนั้นเป็นการเขียนโปรแกรมโดยใช้ภาษาแอสเซมบลีและนำไปทำการโปรแกรมลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เพื่อใช้ในการควบคุมชุดวงจรในส่วนต่างๆ ของหุ่นยนต์ จากนั้นจึงนำหุ่นยนต์เก็บลูกเทินนิสไปทดสอบการทำงาน

1.6 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาภายในปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็นบทต่างๆ เพื่อสะดวกต่อการศึกษาและทำความเข้าใจในแต่ละบทจะประกอบด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปฏิญานิพนธ์ ชีตความสามารถของโครงการและเนื้อหาในบทต่างๆ โดยสังเขป

บทที่ 2 ประกอบด้วยทฤษฎีต่างๆ เกี่ยวกับอุปกรณ์ของชุดควบคุมการขับเคลื่อนของหุ่นยนต์เก็บลูกเทินนิสได้แก่ ความรู้เกี่ยวกับกิกิฟาเทินนิส ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 หลักการทำงานของมอเตอร์ รีเลย์ ภาคขับมอเตอร์ และอุปกรณ์ตรวจจับทางแสง

บทที่ 3 กล่าวถึงเนื้อหาที่เกี่ยวกับการออกแบบ การสร้างและหลักการทำงานของส่วนต่างๆ ที่ใช้ในหุ่นยนต์เก็บลูกเทินนิส เช่น ชุดเก็บลูกเทินนิส วงจรมัลติเพลกเทินนิส วงจรควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เก็บลูกเทินนิส รวมทั้งการทำงานของส่วนประกอบต่างๆ โดยละเอียด

บทที่ 4 ประกอบด้วย การทดลองและผลการทดลองการเก็บลูกเทินนิสของหุ่นยนต์ ชุดรับส่งสัญญาณอินฟราเรด วงจรมัลติเพลกและแสดงผล

บทที่ 5 เป็นการสรุปผลการจัดทำโครงการ ปัญหาที่เกิดขึ้นและวิธีการแก้ไข รวมทั้งแนวทางการพัฒนา

ภาคผนวก ก แสดงภาพหุ่นยนต์เก็บลูกเทินนิสต้นแบบ

ภาคผนวก ข ประกอบด้วยรายละเอียดของวงจรและแผ่นวงจรพิมพ์ต่างๆ ที่ใช้ในแต่ละส่วนของหุ่นยนต์เก็บลูกเทินนิส

ภาคผนวก ค แสดงรายการอุปกรณ์ที่ใช้ในงานในแต่ละวงจร

ภาคผนวก ง แสดงรายละเอียดต่างๆ และคุณสมบัติของอุปกรณ์

ภาคผนวก จ แผนผังการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ แสดงรหัสต้นฉบับของโปรแกรม (Source code) ที่ใช้ควบคุมส่วนต่างๆ ของหุ่นยนต์
ภาคผนวก ช แสดงคู่มือการใช้งานหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 กล่าวนำ

หุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิสนั้นมีประโยชน์อย่างยิ่ง สำหรับนำไปใช้เก็บลูกเทนนิสขณะทำการซ้อมเสิร์ฟลูกตามสนามซ้อมต่างๆ โดยเนื้อหาของปริญญานิพนธ์ในบทนี้จะเป็นทฤษฎีและหลักการที่จะนำมาใช้ประกอบการสร้างโครงงานหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิสซึ่งประกอบด้วยเนื้อหา ดังนี้คือ ความรู้เกี่ยวกับกีฬาเทนนิส ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง รีเลย์ ภาคขับเคลื่อนมอเตอร์ และอุปกรณ์ตรวจจับทางแสง ซึ่งเนื้อหาต่างๆ เหล่านี้ล้วนแต่เป็นประโยชน์สำหรับผู้สนใจเป็นอย่างยิ่ง

2.2 ความรู้เกี่ยวกับกีฬาเทนนิส

2.2.1 สนามเทนนิส

สนามเทนนิสต้องเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ยาว 78 ฟุต (23.77 เมตร) กว้าง 27 ฟุต (8.23 เมตร) สนามจะต้องแบ่งออกเป็นสองส่วนด้วยตาข่าย ซึ่งห้อยลงมาจากเชือกซึ่งตาข่าย ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 1/3 นิ้ว (0.8 เซนติเมตร) ปลายเชือกซึ่งตาข่ายต้องซึ่งติดกับหัวเสาหรือพาดผ่านหัวเสาสองต้นเสา ต้องเป็นเสาสี่เหลี่ยมจัตุรัส กว้างยาวไม่เกิน 6 นิ้ว (15 เซนติเมตร) หรือเป็นเสากลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 6 นิ้ว (15 เซนติเมตร) เสาทั้งสองนี้จะต้องไม่สูงกว่าส่วนบนของเชือกซึ่งตาข่ายเกิน 1 นิ้ว จุดกึ่งกลางของเสาทั้งสองต้นต้องอยู่ห่างจากสนามข้างละ 3 ฟุต (0.914 เมตร) ความสูงของเสาต้องทำให้ส่วนบนของเชือกซึ่งตาข่ายอยู่สูงจากพื้นสนาม 3 ฟุต 6 นิ้ว (1.07 เมตร) ในการแข่งขันประเภทเดี่ยวซึ่งใช้สนามและตาข่ายของประเภทคู่ จะต้องปรับตาข่ายให้สูง 3 ฟุต 6 นิ้ว (1.07 เมตร) โดยเพิ่มเสาขึ้นสองต้น เสาที่เพิ่มนี้เรียกว่า "ไม้ค้ำตาข่าย" เสานี้ต้องเป็นเสาสี่เหลี่ยมจัตุรัส กว้างยาวไม่เกิน 3 นิ้ว (7.5 เซนติเมตร) หรือเป็นเสากลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 3 นิ้ว (7.5 เซนติเมตร) จุดกึ่งกลางของไม้ค้ำตาข่ายต้องอยู่ห่างจากสนามประเภทเดี่ยวข้างละ 3 ฟุต (0.914 เมตร) ตาข่ายต้องซึ่งเติมปิดช่องระหว่างเสาทั้งสองต้นให้หมด ตาข่ายต้องมีตาขนาดเล็กพอที่จะไม่ให้ลูกเทนนิสลอดได้ ตรงจุดกึ่งกลางของตาข่ายต้องสูงจากพื้น 3 ฟุต (0.914 เมตร) และต้องมีแถบซึ่งตาข่ายสีขาวกว้างไม่เกิน 2 นิ้ว (5 เซนติเมตร) ยึดไว้กับพื้น แต่ละด้านของตาข่ายต้องมีแถบหุ้มตาข่ายสีขาวหุ้มเชือกซึ่งตาข่ายและขอบบนของตาข่าย แถบนี้ต้องกว้างไม่น้อยกว่า 2 นิ้ว (5 เซนติเมตร) และต้องไม่มากกว่า 2.5 นิ้ว (6.3 เซนติเมตร) ต้องไม่มีการโฆษณาใดๆ บนตาข่าย แถบซึ่งตาข่าย แถบหุ้มตาข่ายหรือไม้ค้ำตาข่ายเส้นที่อยู่ปลายสุดของสนามทั้งสองข้างเรียกว่า "เส้นหลัง" เส้นที่อยู่ด้านข้างของสนามทั้งสองด้านเรียกว่า "เส้นข้าง" เส้นที่ลากขนานกับตาข่ายทั้งสองด้านและห่างจากตาข่ายด้านละ 21 ฟุต (6.40 เมตร) เรียกว่า "เส้นเสิร์ฟ" เส้นตรงที่ลากจากจุดกึ่งกลางของเส้นเสิร์ฟด้านหนึ่งขนานกับเส้นข้างไปยังจุดกึ่งกลางของ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นลีดร์ฟอีกด้านหนึ่งเรียกว่า "เส้นลีดร์ฟกลาง" เส้นนี้ต้องกว้าง 2 นิ้ว (5 เซนติเมตร) และจะแบ่งพื้นที่แต่ละข้างของตาข่ายระหว่างเส้นลีดร์ฟกับเส้นข้างออกเป็นสองส่วนเท่ากันแต่ละส่วนเรียกว่า "คอร์ตลีดร์ฟ" เส้นหลังทั้งสองด้านจะถูกแบ่งครึ่งโดยจุดกึ่งกลาง ซึ่งเป็นขีดให้สัมผัสและตั้งฉากกับเส้นหลังเข้าไปในสนามและอยู่แนวเดียวกับเส้นลีดร์ฟกลางจุดกึ่งกลางนี้ต้องยาว 4 นิ้ว (10 เซนติเมตร) กว้าง 2 นิ้ว (5 เซนติเมตร) เส้นอื่นๆ นอกจากนี้ต้องกว้างไม่น้อยกว่า 1 นิ้ว (2.5 เซนติเมตร) และไม่มากกว่า 2 นิ้ว (5 เซนติเมตร) เว้นแต่เส้นหลังอาจกว้างได้ไม่มากกว่า 4 นิ้ว (10 เซนติเมตร) ความกว้างและขนาดของส่วนต่างๆ ของสนาม ต้องวัดจากขอบด้านนอกของแต่ละเส้น เส้นทุกเส้นต้องเป็นสีเดียว

คอร์ตเทนนิสในสมัยเริ่มแรกจะเป็นคอร์ตหญ้า แต่ในปัจจุบันคอร์ตเทนนิสมีอยู่หลายลักษณะ คือ คอร์ตไม้, คอร์ตดิน, คอร์ตคอนกรีต, คอร์ตแอสฟัลต์, คอร์ตหญ้า ซึ่งคอร์ตแต่ละลักษณะก็จะส่งผลถึงการกระดอนของลูกที่แตกต่างกันออกไป ถ้าเป็นคอร์ตไม้สนามจะมีผิวเรียบ ทำให้ลูกกระดอนเร็วและกระดอนไม่สูง คล้ายกับการกระดอนของลูกเทนนิสในสนามหญ้า ส่วนคอร์ตคอนกรีตเป็นคอร์ตที่มีความแข็งสูง ลูกเทนนิสจะกระดอนช้ากว่าคอร์ตหญ้าและคอร์ตไม้แต่ละกระดอนสูงกว่า คอร์ตแอสฟัลต์จะมีลักษณะนิ่มกว่าคอร์ตคอนกรีต ดังนั้นลูกเทนนิสจะกระดอนสูงไม่เท่ากับคอร์ตคอนกรีตและลูกจะกระดอนช้ากว่าคอร์ตคอนกรีต

2.2.2 ลูกเทนนิส

ผิวนอกของลูกจะต้องกลมเรียบเสมอกันทั้งลูก ลูกต้องมีสีขาวหรือสีเหลือง ถ้ามีรอยต่อจะต้องไม่เป็นตะเข็บ ลูกต้องมีเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 2.5 นิ้ว (6.350 เซนติเมตร) แต่ไม่น้อยกว่า 2 5/8 นิ้ว (6.668 เซนติเมตร) มีน้ำหนักมากกว่า 2 ออนซ์ (56.7 กรัม) แต่ไม่น้อยกว่า 2 1/16 ออนซ์ (58.5 กรัม) การกระดอนของลูกเมื่อทิ้งลงจากที่สูง 100 นิ้ว (254 เซนติเมตร) บนพื้นคอนกรีตจะต้องกระดอนสูงกว่า 53 นิ้ว (134.62 เซนติเมตร) แต่ต่ำกว่า 58 นิ้ว (147.32 เซนติเมตร) เมื่อกดปลายทั้งสองข้างของเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกด้วยกำลัง 18 ปอนด์ (8.165 กิโลกรัม) ผิวของลูกจะยุบเข้าไปมากกว่า 0.220 นิ้ว (0.559 เซนติเมตร) แต่ไม่น้อยกว่า 0.290 นิ้ว (0.737 เซนติเมตร) ส่วนที่โป่งออกมาต้องมากกว่า 0.315 นิ้ว (0.800 เซนติเมตร) แต่ไม่น้อยกว่า 0.425 นิ้ว (1.08 เซนติเมตร) ตัวเลขเหล่านี้คิดเฉลี่ยจากการกดลูกในแนวแกนทั้งสามของลูก และค่าที่ได้จากการกดในระหว่างแกนที่ต่างกันคู่หนึ่งต้องไม่ต่างกันมากกว่า 0.030 นิ้ว (0.08 เซนติเมตร) หากมีการแข่งขันในสถานที่ที่อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลเกิน 4,000 ฟุต (1,219 เมตร) อาจใช้ลูกเพิ่มได้อีกสองแบบ แบบแรกมีลักษณะเหมือนดังกล่าวแล้วข้างต้น แต่จะต้องมีแรงกระดอนสูงกว่า 48 นิ้ว (121.92 เซนติเมตร) และต่ำกว่า 53 นิ้ว (134.62 เซนติเมตร) และจะต้องมีแรงอัดภายในสูงกว่าแรงอัดภายนอก ลูกเทนนิสแบบนี้รู้จักกันในนามลูกเทนนิสแบบมีแรงอัด ส่วนแบบที่สองมีลักษณะเหมือนกับที่กล่าวมาแล้ว แต่ต้องมีแรงกระดอนสูงกว่า 53 นิ้ว (134.62 เซนติเมตร) ต่ำกว่า 58 นิ้ว (147.32 เซนติเมตร) และจะต้องมีแรงอัดภายในพอๆ กับแรงอัดภายนอกและจะต้องนำมาไว้ที่สถานที่แข่งขันแล้วประมาณ 60 วันหรือมากกว่านั้นเพื่อให้ปรับสภาพเท่ากับอากาศลูกเทนนิสแบบนี้เรียกว่าลูกเทนนิสไร้แรงอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 ได้ถูกคิดค้น พัฒนา และผลิตออกสู่ตลาดโดยบริษัทอินเทล เพื่อใช้งานควบคุมต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นงานควบคุมขนาดเล็ก งานควบคุมขนาดกลางจนถึงงานควบคุมขนาดใหญ่ที่มีความซับซ้อนพอสมควร เช่น การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าทั่วไป เป็นต้น จากข้อดีของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีการนำวงจรพื้นฐานต่างๆ มารวมไว้ภายในไอซีตัวเดียวกันทำให้วงจรควบคุมที่สร้างขึ้นมามีขนาดเล็ก มีความสะดวกและคล่องตัวสูง จึงเป็นที่นิยมและแพร่หลายอย่างมาก ผู้ผลิตไอซีหลายบริษัทได้ติดต่อขอซื้อลิขสิทธิ์การผลิตไอซีจากบริษัทอินเทลเพื่อไปผลิตจำหน่าย โดยได้มีการปรับปรุงเพิ่มประสิทธิภาพให้สูงขึ้น ทำให้ในปัจจุบันมีไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีมาตรฐานเดียวกับ MCS-51 ของบริษัทอินเทลจำหน่ายอยู่หลายรุ่น ซึ่งจะมีสถาปัตยกรรมพื้นฐานที่เหมือนกันและสามารถใช้งานแทนกันได้ จะต่างกันเพียงขนาดของหน่วยความจำภายในเท่านั้น

2.3.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

1. เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้หน่วยประมวลผลกลางขนาด 8 บิต
2. หน่วยความจำโปรแกรมภายใน (Program Memory) มีหลายขนาดขึ้นอยู่กับเบอร์ไอซี มีทั้งแบบรอม, อีพรอมและแบบแฟลช
3. หน่วยความจำข้อมูลภายใน (Data Memory) เป็นแบบแรม ในบางเบอร์มีหน่วยความจำแบบอีอีพรอมเพิ่มเติม
4. อ่างตำแหน่งของหน่วยความจำโปรแกรมได้ถึง 64 กิโลไบต์
5. อ่างตำแหน่งของหน่วยความจำข้อมูลได้ถึง 64 กิโลไบต์
6. หน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลทำงานแยกจากกันอย่างละ 64 กิโลไบต์
7. มีพอร์ตรับหรือส่งข้อมูลได้ 2 ทิศทาง จำนวน 4 พอร์ต พอร์ตละ 8 บิต หรือใช้งานเป็นพอร์ตขนาด 1 บิต รวมทั้งหมด 32 บิต ทำงานแยกกันอย่างอิสระ
8. มีวงจรนับ/จับเวลา ขนาด 16 บิต ทำงานได้ 4 รูปแบบ
9. มีพอร์ตการสื่อสารอนุกรมรับส่งข้อมูลได้ในเวลาเดียวกัน สามารถเลือกรูปแบบการส่งได้ 4 รูปแบบ
10. รับสัญญาณอินเทอร์รัปต์ได้ 6 แหล่ง กระโดดไปทำงานตอบสนองได้ 5 ตำแหน่ง
11. มีวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาอยู่ภายใน
12. ประมวลผลข้อมูลได้ทั้งแบบ 1 บิต และ 8 บิต

ในปัจจุบันไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ได้มีผู้ผลิตออกมาจำหน่ายมากมาย ใการใช้งานสามารถเลือกใช้ได้ตามความต้องการและความเหมาะสม ซึ่งมีส่วนที่แตกต่างกันบางส่วนคือ ส่วนของหน่วยความจำข้อมูลภายใน หน่วยความจำโปรแกรมภายใน จำนวนของวงจรรนับ/จับเวลา เป็นต้น

ถอดรหัสคำสั่งที่มีการกำหนดไว้และสัญญาณที่สร้างขึ้นมาจะอ้างอิงกับสัญญาณนาฬิกาที่สร้างจากวงจรถ่ายทอดสัญญาณนาฬิกา เพื่อให้ทุกๆ ส่วนทำงานประสานกันอย่างถูกต้อง

2.3.2.2. หน่วยความจำ (Memory)

หน่วยความจำมีไว้สำหรับจัดจำข้อมูล ซึ่งในการนำข้อมูลเข้าและข้อมูลออกจากหน่วยความจำ เราจำเป็นต้องรู้ตำแหน่งของหน่วยความจำ (Address) ในการนำข้อมูลเข้าไปเก็บในหน่วยความจำ เรียกว่า "การเขียนข้อมูล" และการนำข้อมูลออกจากหน่วยความจำ เรียกว่า "การอ่านข้อมูล" ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ข้อมูลในแต่ละตำแหน่งจะขนาด 8 บิต ดังนั้นแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำจะสามารถเก็บข้อมูลซึ่งมีค่าระหว่าง 00000000_2 ถึง 11111111_2 หรือ 00H ถึง 0FFH ในการติดต่อกับหน่วยความจำจะต้องมีสัญญาณ 3 กลุ่ม คือ

1. ตำแหน่งที่ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำซึ่ง MCS-51 สามารถติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลได้สูงสุดชนิดละ 65,536 ตำแหน่ง (64 kBytes) ดังนั้นการอ้างตำแหน่งของหน่วยความจำจะต้องใช้สายสัญญาณกำหนดตำแหน่งทั้งหมด 16 เส้น (2^{16} เท่ากับ 65,536)
2. ข้อมูลที่อ่านหรือเขียนกับหน่วยความจำในตำแหน่งที่เราต้องการ
3. สัญญาณควบคุมที่จะส่งไปยังหน่วยความจำ เพื่อบอกกับหน่วยความจำว่าต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูล ซึ่งวงจรถอดรหัสคำสั่งจะทำการสร้างสัญญาณควบคุมจากคำสั่งที่อ่านเข้ามาจากหน่วยความจำโปรแกรม

2.3.2.3. อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต (Input/Output Device)

อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุตเป็นส่วนที่ใช้ส่งข้อมูลเข้าหรือนำข้อมูลออกจาก MCS-51 ทำให้สามารถติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกได้ อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต ได้แก่

1. พอร์ตอินพุต/เอาต์พุตแบบขนาน มีทั้งหมด 4 พอร์ต ใช้รับส่งข้อมูลซึ่งเป็นสัญญาณดิจิทัลเข้าหรือออกจาก MCS-51 โดยแต่ละพอร์ตจะรับส่งข้อมูลได้ 8 บิต มีพอร์ต P0, P1, P2 และ P3 บางพอร์ตจะใช้งานมากกว่า 1 หน้าที่
2. วงจรนับ/จับเวลา ทำงานได้ 2 หน้าที่ คือใช้เป็นวงจรรับหรือจับเวลา เมื่อเป็นวงจรรับจะทำการนับจำนวนรอบของสัญญาณนาฬิกาภายใน MCS-51 หรือจำนวนรอบของสัญญาณที่อยู่ภายนอกตัว MCS-51 ก็ได้ สามารถตั้งค่าเริ่มต้นของการนับและอ่านค่าการนับได้โดยซีพียู เมื่อเป็นวงจรจับเวลาจะให้หลักการเดียวกับวงจรรับเพียงแต่จะกำหนดค่าสูงสุดของการนับไว้ ซึ่งค่าสูงของการนับจะคำนวณมาจากค่าเวลาค่าเวลาที่ต้องการจับเวลานั้นเอง
3. พอร์ตอนุกรม ซีพียูจะอ่านและเขียนข้อมูลกับพอร์ตอนุกรมเป็น 8 บิต แต่ข้อมูลจะถูกส่งออกจาก MCS-51 เรียงไปทีละบิตออกจากขา TxD และในการรับข้อมูลก็เข้ามาทีละบิตทางขา RxD แล้วจัดเรียงใหม่เป็น 8 บิต เพื่อให้ซีพียูอ่านไปใช้งานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใน MCS-51 มีพอร์ตที่ใช้งานได้หลายแบบทำให้สะดวกแก่การนำไปใช้งานต่างๆ ได้มากมาย การที่จะนำพอร์ตไปใช้งานได้นั้นจะต้องเขียนโปรแกรมขึ้นมาควบคุม

2.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ามาเป็นพลังงานกล โดยอาศัยหลักการดูดและผลักของสนามแม่เหล็ก มอเตอร์ได้เข้ามามีส่วนเกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมโดยตรง มอเตอร์เป็นแหล่งต้นกำลังที่สามารถได้รับการควบคุมได้โดยง่ายด้วยขบวนการทางอิเล็กทรอนิกส์จึงทำให้มอเตอร์แพร่หลาย อุปกรณ์ทางด้านโซลิตสเตทโดยเฉพาะอย่างยิ่งไทรสเตอร์ได้มีบทบาทที่สำคัญในการควบคุมมอเตอร์ สามารถควบคุมการเริ่มต้นของมอเตอร์ การหมุนเดินหน้า ถอยหลัง การกลับตัวเร็ว ควบคุมความเร็วให้คงที่ ควบคุมแรงบิด เป็นต้น ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะมีขั้วแม่เหล็กอยู่ ส่วนตรงข้ามจะเป็นขั้วที่ต่างกัน เรียกว่า โพล (Pole) ซึ่งจะให้สนามแม่เหล็กออกมาเรียกว่า ฟลักซ์ (Field Flux) ส่วนแท่งเหล็กที่พันรอบด้วยเส้นลวดอาบฉนวนที่ติดอยู่กับแกนหมุนหรือทุ่นอาร์เมเจอร์ (Armature) จะให้สนามแม่เหล็กออกมา เรียกว่า อาร์เมเจอร์ฟลักซ์ (Armature Flux)

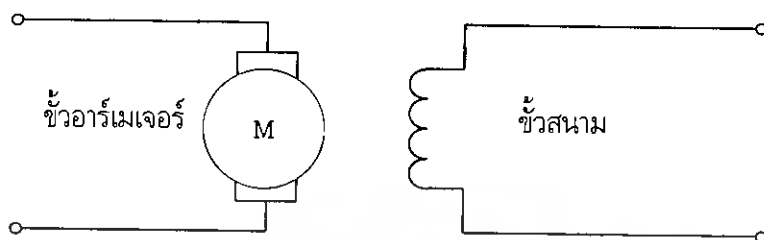
2.4.1 ประเภทของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้น สามารถจำแนกออกได้หลายประเภทขึ้นอยู่กับวิธีการสร้าง ที่รู้จักกันเป็นส่วนใหญ่ในปัจจุบันคือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน (Shunt Motor) แบบอนุกรม (Series) แบบผสม (Compound) และแบบแม่เหล็กถาวร (PM Motor หรือ Permanent Magnet Motor)

2.4.1.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน

สำหรับกรณีของมอเตอร์แบบขนาน เนื่องจากวงจรขนานและวงจรอาร์เมเจอร์ซึ่งต่อขนานกันได้รับไฟกระแสตรงจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าชุดเดียวกัน เมื่อแรงดันของแหล่งจ่ายและความต้านทานสนามที่ค่าคงที่ถึงแม้ว่าโหลดจะมีค่าที่เปลี่ยนแปลงก็ตามจะได้ฟลักซ์แม่เหล็กมีค่าคงที่ มอเตอร์แบบนี้สามารถรับเส้นแรงแม่เหล็กได้อย่างอิสระต่อกระแสอาร์เมเจอร์เป็นผลให้สามารถควบคุมพารามิเตอร์ของมอเตอร์ให้มีค่าคงที่ได้ตลอดช่วงพิสัยที่กว้าง มอเตอร์ชนิดนี้จึงมักใช้ในงานระบบควบคุมการเคลื่อนที่ที่ต้องการแรงบิดสูงขณะมอเตอร์ทำงานถ้าทำการลดโหลดให้มีค่าต่ำลงกระแสจะมีค่าต่ำลงด้วย แต่เนื่องจากฟลักซ์แม่เหล็กมีค่าเกือบคงที่เมื่อแรงดันคงที่ดังนั้นความเร็วรอบจะมีค่าเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ตรงกันข้ามถ้าให้โหลดหรือกระแสมีค่าลดลงความเร็วรอบจะลดลงน้อยมากนั่นคือการรักษาระดับความเร็ว (Speed Regulation) มีค่าน้อยมากดังที่ได้กล่าวไว้แล้วนั้นเป็นกรณีที่ไม่ได้คำนึงถึงเรื่องปฏิกิริยาของขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature Reaction) ถ้าคำนึงถึงเรื่องปฏิกิริยาของขดลวดอาร์เมเจอร์ด้วยแล้ว สำหรับกรณีที่กระแสมีค่าน้อยๆ ฟลักซ์แม่เหล็กจะมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย กรณีที่กระแสมีค่ามากๆ ฟลักซ์แม่เหล็กจะมีค่าลดลงบ้างเล็กน้อยทำให้การรักษาระดับความเร็วในสภาวะการเปลี่ยนแปลงของโหลดมีค่าน้อยกว่ากรณีที่ไม่ได้คำนึงถึงเรื่องปฏิกิริยาของขดลวดอาร์เมเจอร์ จากคุณสมบัติอันนี้จะเห็นว่ามอเตอร์แบบขนานจะเหมาะกับงานที่ต้องการลักษณะการรักษาระดับเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร็วน้อยๆ เป็นอย่างยิ่ง เช่น งานด้านเครื่องมือเครื่องจักร เป็นต้น แต่ไม่เหมาะกับการที่ต้องการแรงดึงสูงๆ ลักษณะโครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนานแสดงได้ดังรูปที่ 2.2

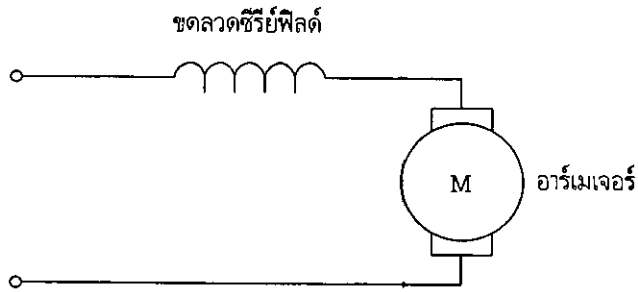


รูปที่ 2.2 ลักษณะโครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน

2.4.1.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรมจะต่างกับแบบขนานตรงที่ว่า ฟลักซ์แม่เหล็กจะไม่คงที่แต่จะมีค่าเพิ่มลดตามกระแส ดังนั้นเส้นแรงแม่เหล็กของสนามแม่เหล็กจึงสามารถปรับค่าได้ โดยทั่วไปมอเตอร์จะใช้กระแส 1.3-1.7 เท่าของกระแสพิกัดในการขับเคลื่อนให้หมุน ดังนั้นแรงดึงที่ใช้ในการขับเคลื่อนมอเตอร์ให้หมุนจะมีค่ามากกว่าแรงดึงที่กระแสพิกัดมาก ยิ่งให้กระแสขับเคลื่อนมีค่ามากแรงดึงขับเคลื่อนจะยิ่งมีค่ามากขึ้นเช่นกัน นั่นคือถ้าใช้กระแสขับเคลื่อนในอัตราส่วนที่เท่าๆ กันมอเตอร์อนุกรมจะใช้แรงดึงขับเคลื่อนได้มากกว่า

มอเตอร์แบบอนุกรมจัดอยู่ในประเภทที่สามารถเปลี่ยนค่าความเร็วรอบได้ ซึ่งจะได้ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและแรงบิดเป็นนอนลิเนียร์จึงเหมาะที่จะนำไปใช้งานในสภาวะเฉพาะคือ เมื่อต้องการแรงบิดสูงที่ความเร็วต่ำและแรงบิดต่ำที่ความเร็วสูง เช่น ระบบการขับเคลื่อนของรถลาก มอเตอร์แบบอนุกรมนี้ไม่ว่าจะทำการขับเคลื่อนมอเตอร์ขณะที่ไม่มีโหลดหรือมีโหลดต่อน้อยมาก โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าที่แรงดันพิกัดหรือจะทำการปลดโหลดออกหมดหรือเพียงบางส่วนในขณะที่มอเตอร์ทำงานก็ตาม ความเร็วรอบของมอเตอร์จะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นมากอย่างรวดเร็วซึ่งลักษณะเช่นนี้เรียกว่า รันอเวย์ (Run Away) และจำเป็นที่จะต้องหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดขึ้น ดังนั้นในกรณีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรมจึงตั้งเป็นกฎห้ามไม่ให้ใช้สายพานในการหมุนขับเคลื่อนระหว่างตัวมอเตอร์กับโหลด ทั้งนี้เพราะถ้าสายพานขาดหรือหลวมคลายตัวออกจะทำให้มอเตอร์เกิดการรันอเวย์ได้ ลักษณะโครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรมแสดงได้ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ลักษณะโครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม

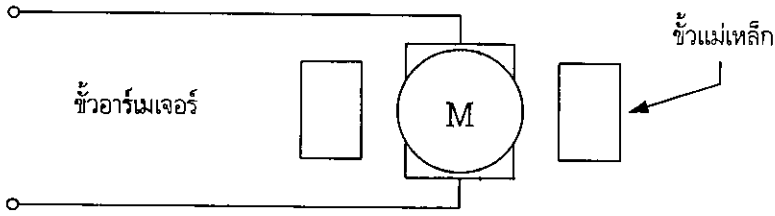
2.4.1.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่อาศัยคุณสมบัติการทำงานร่วมกันของขดลวดอนุกรม (ให้แรงดึงขณะเริ่มเดินเครื่องสูง) และขดลวดแบบขนาน (ให้ความเร็วรอบเกือบคงที่) ในอัตราส่วนที่เหมาะสมคือมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม มอเตอร์ชนิดนี้จะให้กระแสจำนวนมากไหลผ่านขดลวดอนุกรมตั้งนั้นในช่วงเริ่มเดินเครื่องจึงให้คุณสมบัติของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม กล่าวคือให้แรงดึงขณะเริ่มเดินเครื่องที่สูงกว่ามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนานในปริมาณของกระแสเริ่มเดินเดียวกัน หลังจากนั้นความเร็วรอบจะสูงขึ้นเรื่อยๆ กระแสซึ่งไหลผ่านขดลวดอนุกรมจะน้อยลงทำให้คุณสมบัติของขดลวดอนุกรมที่แสดงออกลดน้อยลง ช่วงการทำงานของมอเตอร์ชนิดนี้จะแสดงคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนานคือ ให้ความเร็วรอบที่เกือบคงที่มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมนี้เหมาะที่จะนำไปขับเคลื่อนโหลดในลักษณะ เช่น ลิฟต์ เป็นอย่างยิ่ง

ในอุตสาหกรรมการผลิตบางชนิดต้องการความเร็วรอบคงที่ตลอดไม่ว่าโหลดจะเปลี่ยนแปลง อย่างไรก็ตามแม้จะเลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนานก็ไม่สามารถตอบสนองความต้องการได้ทั้งหมด ทั้งนี้เพราะจากคุณสมบัติทางด้านความเร็วรอบของมอเตอร์แบบขนานนี้จะเห็นว่าเมื่อโหลดมีค่าเปลี่ยนแปลงไป อัตราการเปลี่ยนแปลงของจำนวนรอบและส่วนความเร็วรอบจะมีค่าไม่เท่ากัน

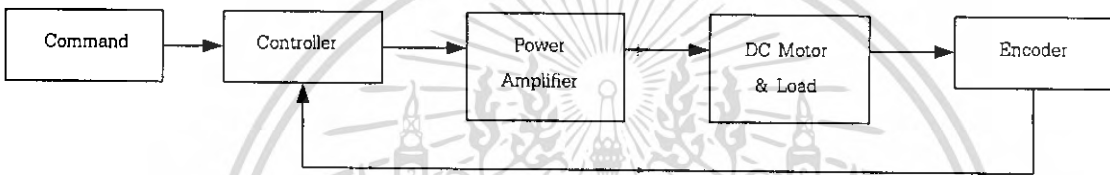
2.4.1.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวร

มอเตอร์แบบนี้จะใช้การกระตุ้นฟิลด์ของมอเตอร์เป็นแม่เหล็กถาวรซึ่งต่างจากที่กล่าวมาข้างต้นที่ใช้ขดลวดซึ่งแบบนี้จะให้เส้นแรงของฟิลด์มีค่าคงที่ดังนั้นอัตราส่วนระหว่างกระแสอาร์เมเจอร์และแรงบิดจะมีค่าคงที่ด้วย ซึ่งมีข้อดีคือ ไม่มีกำลังสูญเสียในฟิลด์ มีประสิทธิภาพสูงกว่าและมีขนาดเล็กกว่าเมื่อเทียบกับแบบใช้ขดลวดในการกระตุ้นที่มีขนาดกำลังม้าเท่ากันจึงเหมาะกับงานที่ต้องการแรงบิดของโหลดสูง ลักษณะโครงสร้างของมอเตอร์กระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวร แสดงได้ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ลักษณะโครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวร

2.4.2 ระบบการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบพื้นฐาน



รูปที่ 2.5 ระบบการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบพื้นฐาน

2.4.2.1 ตัวควบคุม

เป็นส่วนของระบบ ที่ทำให้เกิดสัญญาณควบคุมไปขับให้กับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและโหลดซึ่งอาจจะเป็นแฉะลอกหรือดีจิตอลก็ได้

2.4.2.2 Power Amplifier หรือส่วนตัวขับ

จะทำหน้าที่ปรับปรุงและขยายสัญญาณให้เหมาะสมก่อนที่จะทำการป้อนไปขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งอาจแยกเป็นลิเนียร์เพาเวอร์แอมพลิไฟร์และพัลส์วิดท์มอดูเลชัน

2.4.2.3 ลิเนียร์เพาเวอร์แอมพลิไฟร์

เป็นการควบคุมมอเตอร์แบบต่อเนื่องแต่จะมีความสูญเสียทางกำลังงานสูงมากเนื่องจากกำลังงานส่วนใหญ่จะสูญเสียในทางเอาต์พุตของทรานซิสเตอร์เป็นจำนวนมาก เพราะขณะมอเตอร์ไม่ทำงาน ทรานซิสเตอร์ส่วนนี้ต้องแบกภาระเนื่องจากมีกระแสไหลผ่านตัวมัน

2.4.2.4 พัลส์วิดท์มอดูเลชัน

เป็นสวิตชิงแอมพลิไฟร์ คือการควบคุมโวลต์เตจของมอเตอร์โดยการปรับดิวตีไซเคิล (Duty Cycle) ของโวลต์เตจที่จ่ายให้กับมอเตอร์และให้ทำงานทุกๆ ภาวะอิมตัว (ON) หรือภาวะไม่นำกระแส (OFF) ด้วยเหตุนี้กำลังสูญเสียในทางเอาต์พุตของทรานซิสเตอร์นำกระแสแรงดันตกคร่อมตัวมันจะน้อยจนตัดทิ้งได้และเมื่อหยุดนำกระแสแรงดันตกคร่อมจะประมาณเท่ากับแหล่งจ่าย ดังนั้นกระแสที่ไหลผ่านจึงน้อยมากประมาณศูนย์ แต่จะใช้กับความถี่สูงได้ไม่ตีและความถี่ต้องคงที่ไม่เช่นนั้นอาจเกิดการออสซิลเลชันขึ้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2.5 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและโหลด

คือ ระบบที่ถูกรบกวนหรือส่วนที่ออกแรงทำงานซึ่งจะเป็นเครื่องจักรกล

2.4.2.6 Encoder หรือพีดแบ็คทรานสดิวเซอร์

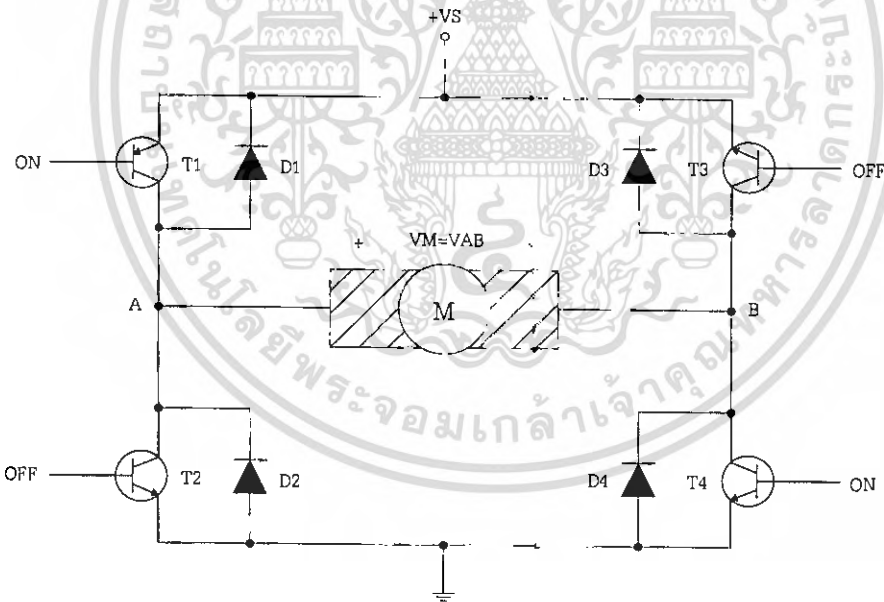
ใช้รับรู้หรือตรวจจับสัญญาณเอาต์พุตที่ต้องการโดยไม่มีผลของการโหลดดึง (Loading) สัญญาณที่ตรวจจับได้นี้จะป้อนกลับไปเปรียบเทียบกับสัญญาณอ้างอิงเพื่อควบคุมมอเตอร์อีกที ซึ่งพีดแบ็คทรานสดิวเซอร์นี้จะแบ่งเป็นแบบแอนะล็อกและดิจิตอล

2.4.3 การทำงานของวงจรรขยายแบบพัลส์วิดท์มอดูเลชัน

วงจรรขยายแบบพัลส์วิดท์มอดูเลชัน แบ่งได้เป็น 3 ชนิดตามลักษณะการทำงานคือ

- 1) ไบโพลาร์
- 2) ยูนิโพลาร์
- 3) ลิมิตยูนิโพลาร์

วงจรรพื้นฐานในการใช้งานแสดงดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 วงจรรพื้นฐานของวงจรรขยายแบบพัลส์วิดท์มอดูเลชัน

ซึ่งทั้ง 3 ชนิดสามารถอธิบายด้วยวงจรรพื้นฐานนี้ได้ต่างกันตรงการควบคุม ON/OFF ของทรานซิสเตอร์ ซึ่งในที่นี้จะกล่าวเฉพาะแบบไบโพลาร์เพราะเป็นแบบที่ควบคุมและเข้าใจง่ายคือ หากต้องการให้มอเตอร์อยู่ในเฟส ON ทำได้โดยให้ T_1 กับ T_4 ON และ T_2 กับ T_3 OFF ดังนั้นกระแสจะไหลจาก V_S ผ่าน T_1 เข้าขั้วบวกของมอเตอร์และ T_4 ลงกราวด์ ดังนั้น $V_m = V_s$ (มอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา) และเมื่อให้เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

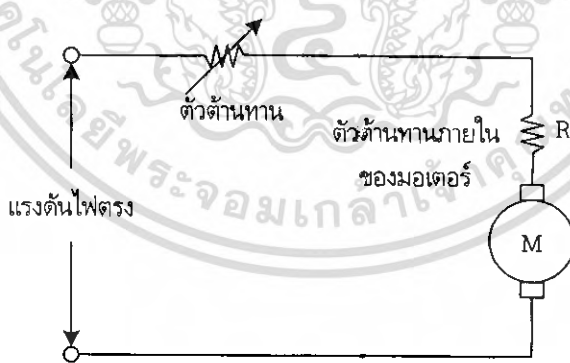
มอเตอร์อยู่ในเฟส OFF โดยให้ T2 กับ T3 ON และ T1 กับ T4 OFF ดังนั้นกระแสจะไหลจาก VS ผ่าน T3 เข้าขั้วลบของมอเตอร์ และ T2 ลงกราวด์ดังนั้น $V_s \approx V_m$ (มอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา) และเมื่อป้อนให้ทรานซิสเตอร์ทุกตัวอยู่ในเฟส ON หรือ OFF พร้อมกันจะมีผลให้มอเตอร์หยุดหมุน

2.4.4 การควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

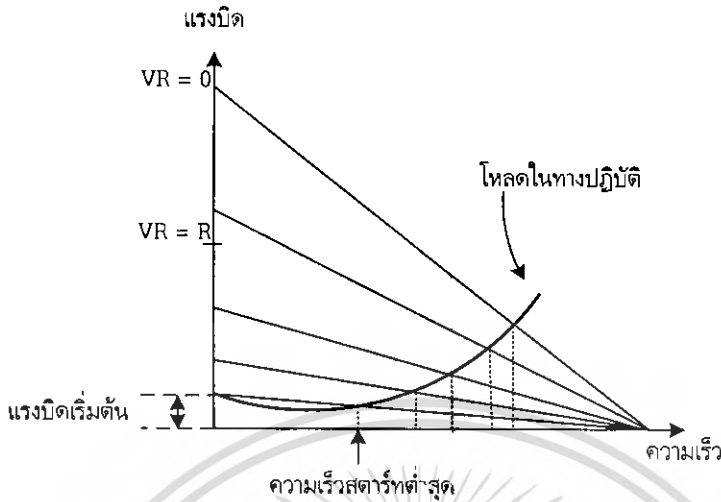
การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีอยู่หลายลักษณะ โดยในที่นี้จะขออธิบายเฉพาะการควบคุมความเร็วแบบไม่มีการป้อนความเร็วกลับเข้ามาในรูป ซึ่งการควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบพื้นฐานสามารถทำได้ 3 วิธีคือ

2.4.4.1 การควบคุมด้วยตัวต้านทานที่ปรับค่าได้

การบังคับแบบนี้เป็นวิธีการบังคับที่ง่ายที่สุดและใช้กันในยุคแรกๆ มีประสิทธิภาพการบังคับความเร็วอยู่ในพิสัย 4:1 ซึ่งจากรูปที่ 2.7 ใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้ต่ออนุกรมกับมอเตอร์ โดยตัวต้านทานที่ปรับค่าได้จะเป็นตัวกำหนดความเร็วในการหมุนของมอเตอร์ การบังคับแบบนี้ไม่มีประสิทธิภาพเพราะกำลังไฟฟ้าจะสูญเสียไปในตัวความต้านทาน มักนิยมใช้กับมอเตอร์ตัวเล็กๆ การบังคับแบบนี้ให้คุณสมบัติการสตาร์ทดี (ให้แรงบิดสูงที่ความเร็วต่ำ) แต่จะให้ความเร็วสูงมากเมื่อมอเตอร์อยู่ในสภาวะที่มีโหลดน้อยๆ ดังนั้นการบังคับแบบนี้มีประโยชน์เฉพาะสภาวะที่แรงต้านคงที่ยกตัวอย่างเช่น การบังคับความเร็วของเครื่องจักรเย็บผ้า เครื่องผสมอาหาร เป็นต้น ซึ่งการควบคุมเช่นนี้จะให้การควบคุมความเร็วแยงลงเมื่อความความเร็วลดลงทำให้เป็นการยากที่จะบังคับความเร็วให้ได้พิสัยกว้าง



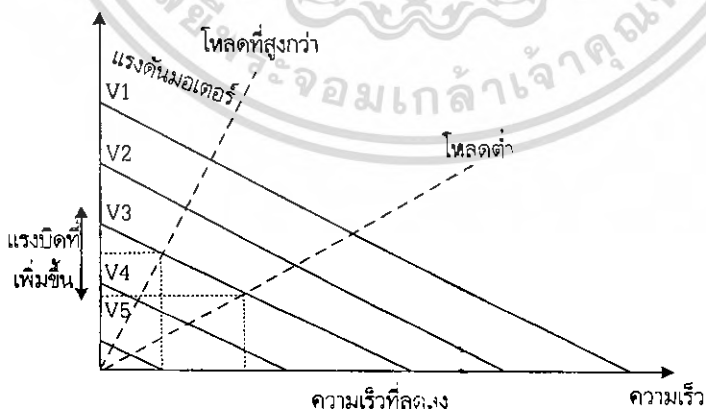
รูปที่ 2.7 วงจรควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงแบบใช้ตัวต้านทานอนุกรม



รูปที่ 2.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความเร็วและแรงบิดของมอเตอร์

2.4.4.2 การควบคุมด้วยวิธีเปลี่ยนค่าแรงดัน

วิธีการนี้ดีกว่าวิธีการแรกแต่จะซับซ้อนกว่าตรงที่ต้องใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่อัตราขยายกำลังสูง และมอเตอร์จะถูกป้อนด้วยแรงดันที่เปลี่ยนแปลงค่าได้จากแหล่งจ่ายที่มีอิมพีแดนซ์ต่ำ ข้อดีของการควบคุมวิธีนี้คือ ถ้าความเร็วลดลงจากผลของแรงบิด แรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์จะเพิ่มขึ้นเพื่อรักษาระดับความเร็ว ส่วนข้อเสียจากการควบคุมวิธีนี้คือ เมื่อมอเตอร์มีความเร็วต่ำแรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์จะมีค่าต่ำเช่นกัน



รูปที่ 2.9 กราฟแสดงคุณสมบัติของการควบคุมความเร็วโดยเปลี่ยนค่าแรงดัน

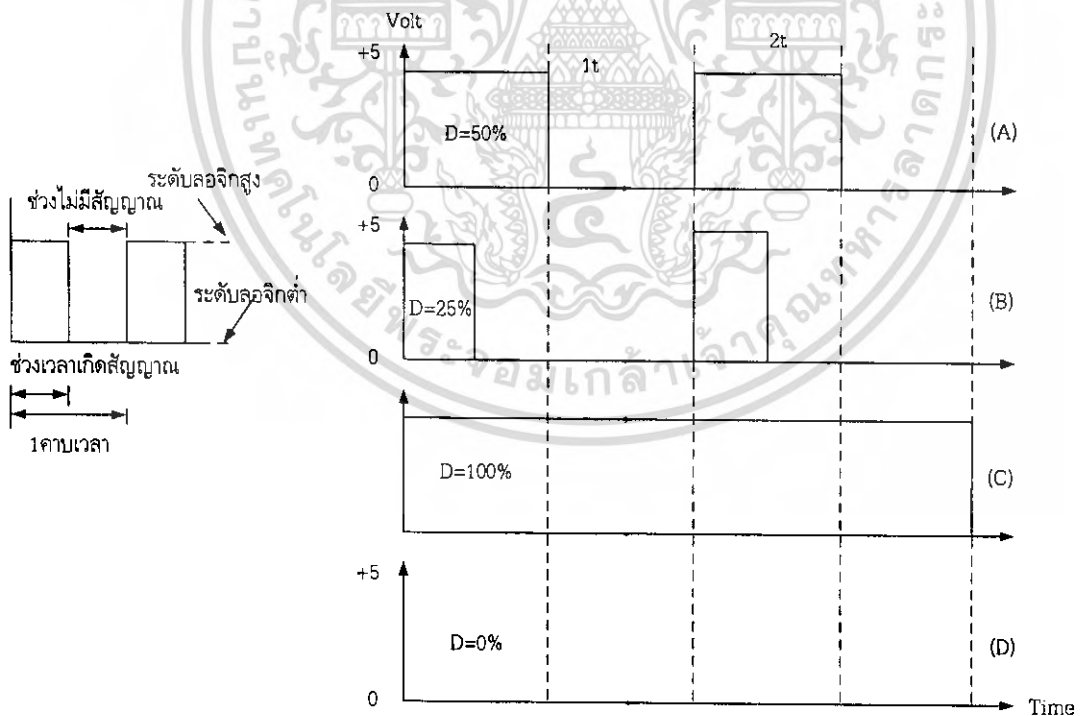
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4.3 วิธีการมอดูเลชันทางความกว้างของพัลส์

การมอดูเลชันทางความกว้างของพัลส์ PWM (Pulse Width Modulation) เป็นการปรับเปลี่ยนที่ สัดส่วนและความกว้างของสัญญาณพัลส์ โดยความถี่ของสัญญาณพัลส์จะไม่มี การเปลี่ยนแปลงหรือเป็นการ เปลี่ยนแปลงที่ค่าของดิวตี้ไซเคิล (duty cycle) นั้นเอง ซึ่งค่าของดิวตี้ไซเคิลคือช่วงความกว้างของพัลส์ที่มี สถานะลอจิกสูง โดยคิดสัดส่วนเป็นเปอร์เซ็นต์จากความกว้างของพัลส์ทั้งหมด ยกตัวอย่างเช่นถ้าหากค่าดิวตี้ ไซเคิลมีค่าเท่ากับเท่ากับ 50% หมายถึงใน 1 รูปสัญญาณพัลส์จะมีช่วงของสัญญาณที่เป็นสถานะลอจิกสูงอยู่ ครึ่งหนึ่งและสถานะลอจิกต่ำอยู่อีกครึ่งหนึ่ง ดังรูป 2.10 และในทำนองเดียวกันถ้าหากค่าดิวตี้ไซเคิลมีค่ามาก หมายความว่าความกว้างของพัลส์ที่เป็นสถานะลอจิกสูงจะมีความกว้างมากขึ้น หากค่าดิวตี้ไซเคิลมีค่าเท่ากับ 100% หมายความว่าไม่มีสถานะลอจิกต่ำเลย ซึ่งค่าดิวตี้ไซเคิลสามารถหาได้จากค่าความสัมพันธ์ดังนี้

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

รูปที่ 2.10 แสดงสัญญาณ PWM ที่มีความกว้างของพัลส์แตกต่างกัน 4 สัญญาณ

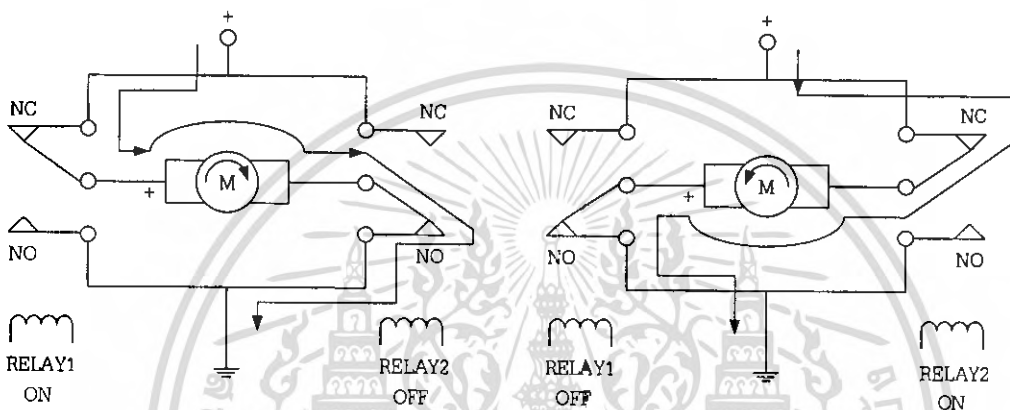


รูปที่ 2.10 ความกว้างของพัลส์ขนาดต่างๆ และค่าดิวตี้ไซเคิลของช่วงพัลส์ที่มีความถี่คงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.5 การขับและกลับทิศทางของมอเตอร์กระแสตรง

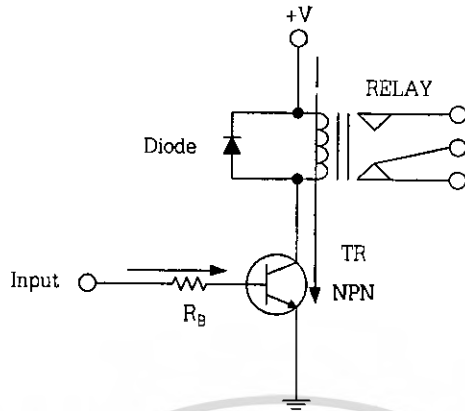
ในการใช้ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการหมุนและทิศทางของมอเตอร์กระแสตรงนั้น จะต้องมีส่วนของวงจรที่เรียกว่าวงจรขับมอเตอร์ ในส่วนของวงจรกลับทิศทางของมอเตอร์นั้นสามารถใช้รีเลย์ต่อวงจรสวิตช์เพื่อกลับทิศทางของขั้วไฟกระแสตรงหรืออาจใช้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่เป็นวงจรขับกำลัง เช่น ทรานซิสเตอร์ มอสเฟต แล้วแต่วิธีที่จะเลือกใช้งาน



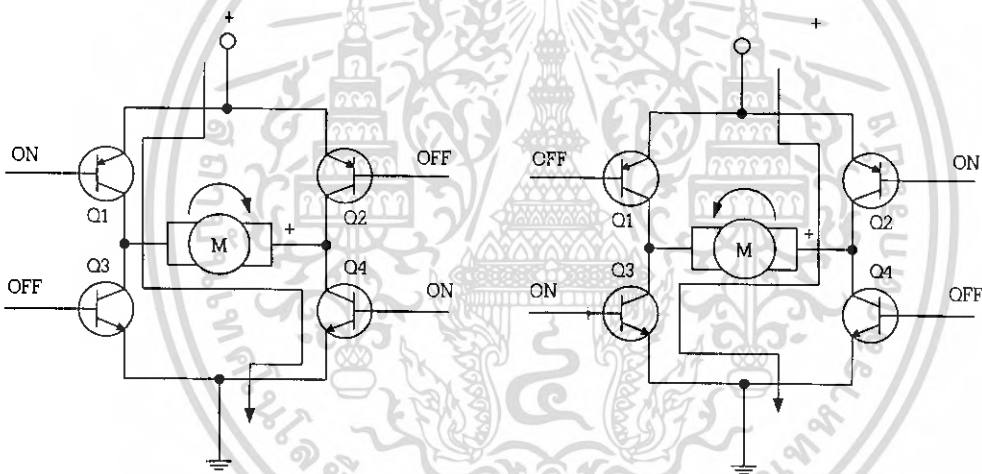
รูปที่ 2.11 การกลับทิศทางของมอเตอร์กระแสตรงโดยใช้รีเลย์

จากรูปที่ 2.11 เป็นการใช้อรีเลย์ควบคุมการเปลี่ยนทิศทางการหมุนของมอเตอร์ โดยวิธีควบคุมการเปิด-ปิดที่รีเลย์ 2 ตัวซึ่งจะทำหน้าที่กลับทิศทางของขั้วไฟที่ป้อนให้กับมอเตอร์โดยการสลับการทำงานของรีเลย์ เช่นให้รีเลย์ตัวที่ 1 ทำงาน (ON) และรีเลย์ตัวที่ 2 หยุดทำงาน (OFF) จะทำให้มอเตอร์หมุนไปทางซ้าย และในทำนองเดียวกันถ้าหากรีเลย์ตัวที่ 1 หยุดทำงาน (OFF) และรีเลย์ตัวที่ 2 ทำงาน (ON) จะทำให้มอเตอร์หมุนไปทางขวา

จากรูปที่ 2.12 เป็นวงจรขับรีเลย์โดยใช้ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่ขยายกระแส ด้วยเหตุผลเพราะไม่สามารถจะใช้ขาเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ป้อนกระแสไฟที่ขดลวดของรีเลย์โดยตรงได้ เนื่องจากว่ากระแสที่จ่ายออกมาจากขาเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์มีค่าน้อยเกินไป ดังนั้นเราจึงต้องมีส่วนของวงจรทรานซิสเตอร์เพื่อที่จะทำการขยายกระแสให้เพียงพอในการป้อนให้กับขดลวดของรีเลย์ ส่วนไดโอดนำมาต่อไว้สำหรับป้องกันแรงดันย้อนกลับที่เกิดจากการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กในขณะเกิดการยุบตัว ซึ่งอาจจะทำให้ทรานซิสเตอร์เสียหายได้



รูปที่ 2.12 การใช้ทรานซิสเตอร์เพื่อขับรีเลย์ให้ทำงาน



รูปที่ 2.13 การใช้ทรานซิสเตอร์เป็นวงจรขับและกำหนดทิศทางของมอเตอร์กระแสตรง

ส่วนในรูปที่ 2.13 เป็นวงจรลิเนียร์บริดจ์แอมป์ซึ่งประกอบไปด้วยทรานซิสเตอร์กำลัง 4 ตัวที่ทำหน้าที่ขับและควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ หากกำหนดให้ทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q4 อยู่ในสภาวะทำงาน กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านทรานซิสเตอร์จากซ้ายไปขวาโดยผ่านมอเตอร์กระแสตรงทำให้มอเตอร์หมุนไปทางขวา ในทำนองเดียวกันถ้าหากเราทำให้ทรานซิสเตอร์ Q2 และ Q3 อยู่ในสภาวะทำงาน กระแสไฟฟ้าก็จะไหลจากทางขวาไปทางซ้ายซึ่งจะส่งผลให้มอเตอร์กลับทิศทางหมุนจากทางขวาไปทางซ้าย

2.5 รีเลย์ (Relay)

รีเลย์ คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่ ตัด-ต่อวงจรคล้ายกับสวิตช์โดยใช้หลักการหน้าสัมผัส และการที่จะให้รีเลย์ทำงานก็ต้องจ่ายไฟให้ตามที่กำหนด เพราะเมื่อจ่ายไฟให้กับตัวรีเลย์จะทำให้หน้าสัมผัสติดกันกลายเป็นวงจรปิดและในทางตรงข้ามทันทีที่ไม่จ่ายไฟให้ตัวรีเลย์จะกลายเป็นวงจรเปิด แรงดันไฟที่ใช้ป้อนให้กับตัวรีเลย์เป็นไฟที่มาจากแหล่งจ่ายไฟของวงจรเอง

2.5.1 ส่วนประกอบที่สำคัญของรีเลย์

1. คอยล์แม่เหล็ก (Magnetic Coil) ประกอบด้วยขดลวดจำนวนหลายรอบพันอยู่รอบๆ แกนเหล็ก ทำหน้าที่ในการสร้างสนามแม่เหล็กมีทั้งชนิดที่ทำงานด้วยไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับ

2. หน้าสัมผัส (Contact) หน้าสัมผัสแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ หน้าสัมผัสส่วนที่อยู่กับที่และหน้าสัมผัสส่วนที่เคลื่อนที่ทำหน้าที่ในการผ่านของกระแสไฟฟ้าเข้าไปยังโหลด นอกจากนี้ยังมีหน้าสัมผัสช่วยเป็นหน้าสัมผัสขนาดเล็กทำหน้าที่ช่วยในการทำงานของวงจรควบคุม

3. แกนเหล็ก (Armature) ผลิตจากแผ่นเหล็กบางซ้อนอัดเพื่อป้องกันกระแสไหลวนในแกนเหล็กอันเป็นสาเหตุให้เกิดความร้อนขึ้นในแกนเหล็กและเกิดการสูญเสียพลังงานขึ้น แกนเหล็กนี้เป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็ก แกนเหล็กประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนที่อยู่กับที่และส่วนที่เคลื่อนที่ แกนเหล็กส่วนที่อยู่กับที่เป็นแกนเหล็กรูปตัว E มีขดลวดพันอยู่รอบๆ เนื่องจากเส้นแรงแม่เหล็กอันเนื่องมาจากขดลวดหลักที่สร้างสนามแม่เหล็ก ซึ่งเป็นผลมาจากกระแสสลับซึ่งทำให้เส้นแรงแม่เหล็กจากสูงสุดลงไปต่ำสุดและขึ้นไปสู่จุดสูงสุดอีกครั้งหนึ่งเป็นผลให้อาร์เมเจอร์เกิดการสั่นไปมาตามจังหวะการขึ้นลงของเส้นแรงแม่เหล็ก ดังนั้นเพื่อเป็นการลดปัญหาที่จึงได้นำขดลวดเงาจำนวน 1 รอบติดเข้ากับผิวหน้าของขั้วแม่เหล็กอาร์เมเจอร์ ขดลวดเงานี้ทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กที่ต่างเฟสกับเส้นแรงแม่เหล็กของขั้วแม่เหล็กหลักจึงช่วยลดการสั่นได้

4. สปริงดันอาร์เมเจอร์และสปริงดันหน้าสัมผัส (Spring) สปริงมี 2 ชุดคือสปริงดันอาร์เมเจอร์และสปริงดันหน้าสัมผัสสำหรับสปริงดันอาร์เมเจอร์จะดันอาร์เมเจอร์หรือชุดแกนเหล็กให้แยกออกจากกันเป็นผลทำให้หน้าสัมผัสแยกออกจากกัน ส่วนสปริงดันหน้าสัมผัสทำหน้าที่ดันหน้าสัมผัสส่วนเคลื่อนที่และหน้าสัมผัสส่วนที่อยู่กับที่สัมผัสกันอย่างตึงแน่นสนิท อีกทั้งยังเป็นตัวซึมซับแรงกระแทกระหว่างหน้าสัมผัสเพื่อมิให้เกิดความเสียหายต่อหน้าสัมผัสอีกด้วย

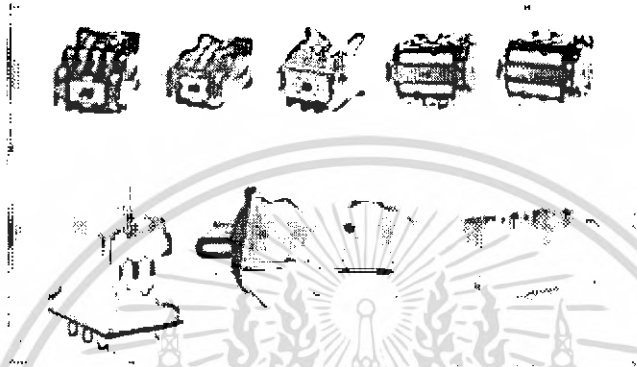
5. โครงยึดอุปกรณ์ (Mounting) โครงยึดอุปกรณ์ทำหน้าที่ในการยึดอุปกรณ์ทุกส่วนของคอนแทคเตอร์หรือรีเลย์ให้ประกอบเข้าด้วยกัน โครงยึดอุปกรณ์จะต้องเป็นฉนวนทนแรงดันได้สูง

2.5.2 ลักษณะการใช้งานรีเลย์

รีเลย์ เป็นอุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่เป็นสวิตช์มีหลักการทำงานคล้ายกับขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าหรือโซลินอยด์ (Solenoid) รีเลย์ใช้ในการควบคุมวงจรไฟฟ้าได้อย่างหลากหลาย รีเลย์เป็นสวิตช์ควบคุมที่ทำงานด้วยไฟฟ้า แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

1. รีเลย์กำลัง (Power Relay) หรือมักเรียกกันว่าคอนแทคเตอร์ ใช้ในการควบคุมไฟฟ้ากำลัง มีขนาดใหญ่กว่ารีเลย์ธรรมดา

2. รีเลย์ควบคุม (Control Relay) มีขนาดเล็กกำลังไฟฟ้าต่ำ ใช้ในวงจรควบคุมทั่วไปที่มีกำลังไฟฟ้าไม่มากนักหรือเพื่อการควบคุมรีเลย์หรือคอนแทคเตอร์ขนาดใหญ่ รีเลย์ควบคุมบางครั้งอาจเรียกว่า "รีเลย์"



รูปที่ 2.14 รีเลย์ลักษณะต่างๆ

2.5.3 หลักการทำงานของรีเลย์

คำว่า "รีเลย์" นั้นแปลตรงตามตัวหมายถึงตัวถ่ายทอดกำลัง เพราะเมื่อป้อนกำลังงานไฟฟ้าให้แก่รีเลย์เพียงเล็กน้อยก็สามารถควบคุมวงจรกำลังงานสูงๆ ที่ต่ออยู่กับหน้าสัมผัสของรีเลย์ได้ ไม่ว่าจะเป็นรีเลย์แบบธรรมดาหรือแบบเฉพาะงาน หากถอดฝาครอบออกมาจะมีเหลืออยู่เพียงหน่วยสร้างสนามแม่เหล็กและกลุ่มของหน้าสัมผัสสามารถนำไปใช้งานได้โดยป้อนกระแสไฟฟ้าแก่หน่วยสร้างสนามแม่เหล็กซึ่งมักจะเป็นขดลวดพันรอบแกนเหล็ก ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กจากแกนเหล็กไปดูดเหล็กที่เรียกว่า อาร์เมเจอร์ให้โน้มต่ำลงมาที่ปลายของอาร์เมเจอร์ด้านหนึ่งซึ่งมักจะยึดติดกับสปริงและอีกปลายหนึ่งยึดติดกับหน้าสัมผัส การเคลื่อนอาร์เมเจอร์จึงเป็นการควบคุมการเคลื่อนที่ของหน้าสัมผัสนี้ให้แยกจากหรือแตะกับหน้าสัมผัสอีกด้านหนึ่งซึ่งยึดติดอยู่กับที่ เมื่อหยุดป้อนกระแสเข้าขดลวดอาร์เมเจอร์ก็จะดึงกลับคืนสู่ตำแหน่งเดิมด้วยแรงหดตัวของสปริง ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่ารีเลย์คือ อุปกรณ์ที่ใช้การควบคุมด้วยไฟฟ้าเพื่อให้ปิดหรือเปิดหน้าสัมผัส (ทำหน้าที่เหมือนกับสวิตช์) ซึ่งจะไปควบคุมวงจรเดียวกันหรือวงจรอื่นๆ อีกทอดหนึ่งซึ่งหน้าสัมผัสนั้นก็มียุทธวิธี

นอกจากนั้นเพื่อให้เป็นการชัดเจนว่าภาวะปกติ (เมื่อไม่มีกระแสป้อนเข้าขดลวด) หน้าสัมผัสของรีเลย์อยู่ในลักษณะใดจึงมักมีอักษรย่อเพิ่มเติมเข้ามาอีก เช่น NO (ย่อมาจาก Normally Open) หมายถึงภาวะปกติหน้าสัมผัสกับขั้วแยกจากกัน และจะแตะกันก็ต่อเมื่อขดลวดของรีเลย์ได้รับปริมาณกระแสมากพอ ส่วนอีกตัวหนึ่งคือ NC (ย่อมาจาก Normally Closed) หมายถึงภาวะปกติหน้าสัมผัสกับขั้วแตะกัน และจะแยกจากกันก็ต่อเมื่อขดลวดของรีเลย์ได้รับกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิพนธ์ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากแบบการจัดหน้าสัมผัสดังกล่าวมาแล้วยังมีแบบอื่นๆ อีก ซึ่งสมาคมผู้ผลิตรีเลย์ในอเมริกา (NARM) ได้รวบรวมไว้ โดยที่แต่ละแบบจะมีชื่อเรียกเป็นตัวย่อภาษาอังกฤษ ตัวเลขหน้าตัวย่อจะแสดงจำนวนกลุ่มหรือชุดของหน้าสัมผัส

2.6 ภาคขับมอเตอร์

สำหรับในภาคขับมอเตอร์นี้จะมีส่วนสำคัญกับการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ที่ได้สร้างขึ้นมา ดังนั้นจึงขอกกล่าวถึงพื้นฐานในด้านการควบคุมก่อน ซึ่งก็คือการควบคุมด้วยมือโดยใช้ปุ่มกดในการส่งลอจิกให้กับภาคขับมอเตอร์ ก่อนที่จะได้เรียนรู้การขับแบบอัตโนมัติโดยการเขียนโปรแกรมควบคุมนั่นเอง สำหรับการทำงานของวงจรพื้นฐานในภาคขับมอเตอร์สามารถอธิบายได้ดังนี้

2.6.1 วงจรพื้นฐานในภาคขับมอเตอร์

สำหรับวงจรพื้นฐานที่ควรเรียนรู้คือ วงจรขับมอเตอร์กระแสตรงให้สามารถกลับทิศทางการหมุนได้ ส่วนการควบคุมความเร็วหรือการควบคุมตำแหน่งนั้นก็ใช้หลักการเดียวกัน แต่อาจออกแบบวงจรลอจิกเพิ่มขึ้น มีสัญญาณที่ส่งกลับมาเพื่อตรวจสอบหรือเขียนโปรแกรมในขั้นที่สูงไปกว่านี้ โดยในที่นี้ขอกกล่าวถึงวงจรพื้นฐานก่อน ซึ่งสามารถแบ่งเป็น 2 วงจรหลักคือ

2.6.1.1. ลอจิกบัฟเฟอร์

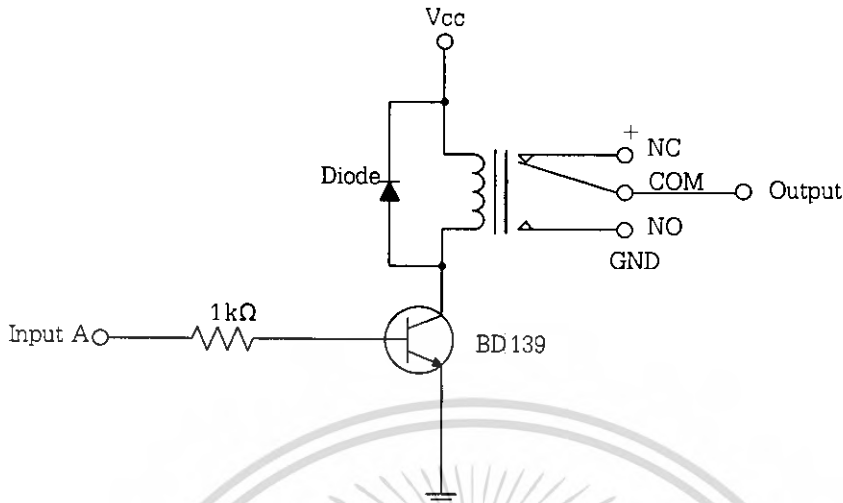
เป็นวงจรลอจิกที่ออกแบบไว้เพื่อขยายสัญญาณในเบื้องต้น บ่อนสัญญาณให้กับตัวขยายหลัก ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะออกแบบไว้ป้องกันตัวขยายหลักและตัวควบคุมด้วย

2.6.1.2. วงจรขับกำลัง

เป็นวงจรที่ขับกระแสและแรงดันสูงให้กับมอเตอร์ที่ต้องการขับตามความต้องการ ซึ่งในภาคนี้จะทำให้ทราบว่าภาคขับมอเตอร์สามารถขับมอเตอร์ได้สูงสุดกี่โวลต์ โดยดูได้จากเกณฑ์การขยายของตัวภาคขับ แต่ถ้าหากใช้ไอซีสำเร็จรูปจะสามารถดูได้จากรายละเอียดของอุปกรณ์ ส่วนตัวขับที่นิยมใช้ในภาคนี้ก็คือ อุปกรณ์จำพวกทรานซิสเตอร์, มอสเฟต, ออปแอมป์หรือรีเลย์ เพราะวารีเลย์จะจ่ายแรงดันสูงสุดตามแหล่งจ่าย

เมื่อได้ทราบถึงวงจรต่างๆ ที่ใช้ในภาคขับมอเตอร์แล้ว ดังนั้นเมื่อต้องการออกแบบหรือดูรายละเอียดของภาคขับมอเตอร์ให้ตรงกับงานที่ใช้ก็สามารถทำได้ง่ายขึ้น

สำหรับวงจรภาคขับนั้นไม่มีขอบเขตจำกัดในการออกแบบ แต่ในที่นี้จะขอยกตัวอย่างการทำงานของวงจรภาคขับโดยใช้รีเลย์ก่อน ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.15

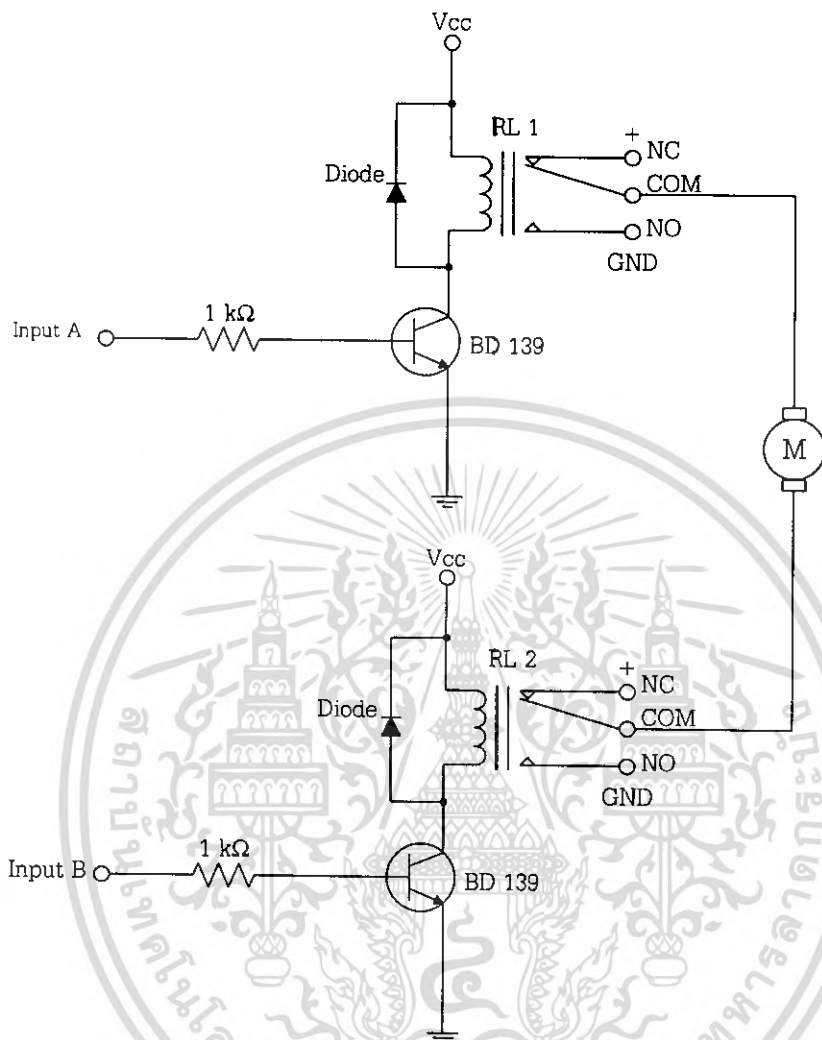


รูปที่ 2.15 วงจรภายในรีเลย์

จากรูปที่ 2.15 เป็นวงจรมอเตอร์ของรีเลย์ 1 หน้าสัมผัสคือจะมีขาที่เป็นขดลวด 2 ขาทางด้านซ้าย เมื่อจ่ายกระแสผ่านขดลวดจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กทำให้หน้าสัมผัสขาคอมมอนที่สัมผัสอยู่กับหน้าสัมผัส NC หรือหน้าสัมผัสปกติปิด หน้าสัมผัสคอมมอนก็จะดึงลงมาแตะที่หน้าสัมผัส NO หรือหน้าสัมผัสปกติเปิด และเมื่อไม่มีกระแสไหลผ่านขดลวด หน้าสัมผัสคอมมอนก็จะติดกลับไปยังหน้าสัมผัส NC ตามปกติ จะสังเกตเห็นว่ารีเลย์ก็ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ตัวหนึ่งนั่นเอง แต่เป็นสวิตช์ที่ควบคุมการปิดเปิดด้วยไฟฟ้า ถ้าหากต่อขา NC เข้ากับไฟ + และต่อขา NO เข้ากับไฟกราวด์ เมื่อสังเกตเอาต์พุตที่ขาคอมมอนจะเห็นว่าไฟ + ออกมาที่ขาคอมมอนเท่ากับแหล่งจ่ายไฟบวก และเมื่อจ่ายไฟให้กับขดลวดของรีเลย์เอาต์พุตที่ออกมาที่ขาคอมมอนก็จะกลายเป็นกราวด์ทันที และเมื่อหยุดจ่ายไฟให้กับขดลวดของรีเลย์ก็จะติดกลับไปเป็นไฟ + เช่นเดิม สำหรับในที่นี้จะใช้ทรานซิสเตอร์เพื่อทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ขับรีเลย์โดยใช้อินพุตลอจิก (Input Logic) ขับทรานซิสเตอร์เพื่อขับรีเลย์อีกที ดังนั้นสรุปได้ว่าวงจรนี้ส่วนของลอจิกบัฟเฟอร์คือทรานซิสเตอร์และส่วนขับกำลังคือรีเลย์

สำหรับพื้นฐานการทำงานของมอเตอร์กระแสตรงนั้นตัวมอเตอร์จะมีขั้วให้เราได้ใช้งานอยู่ 2 ขั้วด้วยกันคือขั้ว + และขั้ว - ถ้าเป็นการจ่ายไฟให้กับขั้ว + และจ่ายกราวด์ให้กับขั้ว - มอเตอร์ก็จะหมุนตามเข็มนาฬิกาและเมื่อเราจ่ายไฟให้กับขั้ว - และจ่ายกราวด์ให้กับขั้ว + มอเตอร์ก็จะหมุนทวนเข็มนาฬิกา แต่เมื่อเราจ่ายไฟทั้ง 2 ขั้วหรือจ่ายกราวด์ทั้ง 2 ขั้วมอเตอร์ก็จะไม่หมุน

จากหลักการการทำงานของมอเตอร์และรีเลย์ที่กล่าวมาแล้วนั้นสามารถทำให้มอเตอร์เปลี่ยนทิศทางการหมุนได้ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 วงจรกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์กระแสตรงโดยใช้รีเลย์

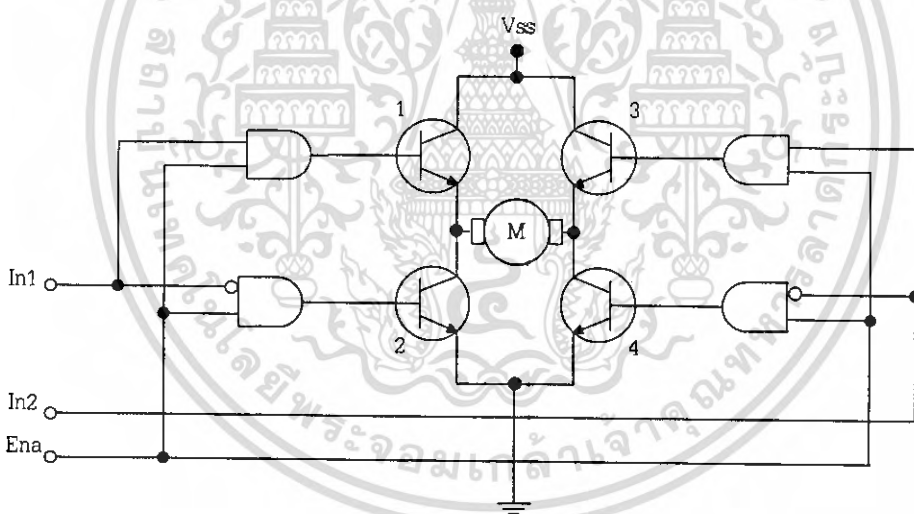
จากรูปที่ 2.16 และตารางที่ 2.1 เมื่อป้อนอินพุต A เป็น "1" รีเลย์ RL1 จะทำงานโดยดึงขาคอมมอนลงกราวด์ แรงดันไฟ + จาก RL2 จะเข้าขั้ว + ของมอเตอร์ไหลผ่านขดลวดของมอเตอร์ลงกราวด์ที่ RL1 ทำให้มอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา และเมื่อป้อนอินพุต A เป็น "0" รีเลย์ทั้ง 2 ตัวจะไม่ทำงาน มอเตอร์ทั้ง 2 ขั้วได้รับไฟ + ทำให้มอเตอร์ไม่หมุน และเมื่อป้อนอินพุต B เป็น "1" รีเลย์ RL2 จะทำงานดึงหน้าสัมผัสคอมมอนลงกราวด์ แรงดันไฟ + จาก RL1 จะป้อนเข้าขั้ว - ไหลผ่านขดลวดของมอเตอร์ลงกราวด์ที่ RL2 ทำให้มอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา และเมื่อป้อนอินพุต A และ B เป็น "1" พร้อมกัน จะทำให้ไม่มีไฟเข้ามอเตอร์ทั้ง 2 ขั้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ลักษณะการหมุนของมอเตอร์

อินพุต A	อินพุต B	ลักษณะการหมุน
0	0	เบรก
0	1	หมุนซ้าย
1	0	หมุนขวา
1	1	ไม่หมุน

วงจรขับมอเตอร์ด้วยรีเลย์นั้น มีข้อดีคือสามารถทนต่อกระแสสูงๆ แต่มีข้อเสียอยู่บ้างสำหรับงานที่ต้องการความละเอียด เช่น ปัญหาการกระชากของมอเตอร์ เพราะการจ่ายไฟให้มอเตอร์จะจ่ายโดยตรงเต็มกำลังทำให้มอเตอร์หมุนกระชากอย่างรุนแรงหรือปัญหาด้านการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ก็ทำได้ยาก ดังนั้นจึงนำเอาคุณสมบัติของทรานซิสเตอร์กำลังมาแก้ปัญหา โดยออกแบบวงจรแบบ H-Bridge ดังนี้



รูปที่ 2.17 วงจร H-Bridge

จากรูปที่ 2.17 ประกอบด้วยทรานซิสเตอร์จำนวน 4 ตัว หลักการทำงานในที่นี้จะกล่าวถึงกรณีที่ขา Ena เป็น 1 เพราะหากขา Ena เป็น 0 วงจรนี้จะไม่ทำงาน เมื่อป้อนอินพุต 1 เป็น 1 จะทำให้ Q1 และ Q4 ทำงาน สังเกตการณ์ไหลของกระแสทำให้มอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา และเมื่อป้อนอินพุต 2 เป็น 1 จะทำให้ Q2 และ Q3 ทำงาน สังเกตการณ์ไหลของกระแสในวงจรจะทำให้มอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา แต่เมื่อไม่ป้อนอินพุตหรือป้อนเป็น 1พร้อมกัน มอเตอร์จะไม่หมุนเพราะทรานซิสเตอร์จะดึงกระแสจากเข้ามอเตอร์ทั้ง 2 ขั้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างของไอซีสำเร็จรูปที่นิยมใช้ในภาคขับเคลื่อนมอเตอร์ ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะออกแบบมาให้ 1 วงจรสามารถที่จะขับเคลื่อนมอเตอร์ได้ 2 ตัวเพื่อสะดวกต่อการใช้งาน ซึ่งเบอร์ที่นิยมใช้คือ L293, TA7279, L298 หลักการของไอซีเหล่านี้จะใช้ในการขับแบบ H-Bridge แต่จะใช้ภาคขับเคลื่อนต่างกันไป เช่น ออปแอมป์ หรือเฟด เป็นต้น

จากหลักการที่ได้กล่าวไปแล้วสามารถสร้างวงจรขับได้เพียงตัวเดียวเท่านั้น หากต้องการควบคุมมอเตอร์ทั้งล้อซ้ายและขวาจะต้องสร้างวงจรขับขึ้นมา 2 ชุด หรืออาจจะนำไอซีสำเร็จรูปมาใช้

ผู้ใช้งานส่วนใหญ่มักจะคิดว่าการเลือกซื้อและใช้งานรีเลย์นั้นเป็นเรื่องง่าย ดังนั้นในการเลือกซื้อรีเลย์จึงมักจะมองข้ามข้อเท็จจริง 4 ประการใหญ่ๆ ดังนี้คือ

1. เลือกสเปกของรีเลย์เกินความต้องการ
2. รู้จักวงจรที่จะใช้รีเลย์น้อยไป
3. เลือกสเปกของรีเลย์ต่ำกว่าการใช้งานจริง
4. มองข้ามความสัมพันธ์ระหว่างสเปกบางตัวไปและอาจคิดว่ารีเลย์ของบริษัทหนึ่งมีสเปกเหมือนกับอีกบริษัทหนึ่ง

2.6.2 การจำแนกโหลด

หน้าที่หลักของหน้าสัมผัสของรีเลย์ก็คือต่อวงจรเข้าด้วยกัน, แยกวงจรออกจากกัน และรับกระแสที่ไหลผ่านตัวรีเลย์ อายุการใช้งานของหน้าสัมผัสนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะทางไฟฟ้าของโหลด, โครงสร้างภายในตัวรีเลย์และสารที่ใช้ทำหน้าสัมผัส คำว่าโหลดในที่นี้หมายถึงโหลดของหน้าสัมผัสซึ่งแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มดังนี้

2.6.2.1 วงจรแห้ง (Dry Circuit)

หากการทำงานของรีเลย์ไม่ได้ทำให้เกิดการเริ่มต้นหรือหยุดการไหลของกระแสใน แต่กระแสอาจจะไหลหรือหยุดไหลหลังจากที่หน้าสัมผัสแตะกันหรือแยกจากกันแล้ว จะเรียกว่าหน้าสัมผัสแห้ง ตามปกติหน้าสัมผัสที่เป็นสารโลหะผสมทองกับสารพลาลาเดียมจะเหมาะกับโหลดจำพวกนี้

2.6.2.2 โหลดระดับต่ำ (Low-level load)

โหลดในระดับนี้จะตั้งกระแสอยู่ในช่วงไมโครแอมแปร์ถึง 50 มิลลิแอมแปร์ ซึ่งระดับแรงดันและกระแสไม่มากพอที่จะทำให้เกิดการอาร์ค (Arc) ขึ้นที่หน้าสัมผัส หน้าสัมผัสที่เป็นสารโลหะผสมทองกับพลาลาเดียมเหมาะสมกับโหลดระดับต่ำ ไม่ควรใช้หน้าสัมผัสทองหรือโลหะผสมทองปริมาณมากๆ เป็นหน้าสัมผัสทั้งคู่ เพราะอาจจะหลอมยึดติดกันได้ขณะกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน

2.6.2.3 โหลดระดับกลาง (Intermediate load)

โหลดระดับ 50 ถึง 300 mA จะทำให้เกิดการอาร์คขึ้นที่หน้าสัมผัสเล็กน้อยขณะแตะหรือจากกัน ถ้าหากบนผิวหน้าสัมผัสมีสารอินทรีย์เกาะอยู่ การอาร์คจะก่อให้เกิดคาร์บอนขึ้นหลังจากทำงานไปหลายพันครั้ง ทำให้ความต้านทานของหน้าสัมผัสสูงขึ้น โดยปกติความต้านทานที่สูงขึ้นนี้ไม่สร้างความยุ่งยากแก่วงจรมากนัก ถ้าไม่ต่อหน้าสัมผัสอนุกรมกันหลายชุดเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2.4 โหลดขนาดใหญ่ (Heavy load)

ณ ระดับพลังงานสูงๆ เช่นนี้ มักจะเกิดการอาร์คขึ้นที่หน้าสัมผัสทุกครั้งทำงาน สารคาร์บอนที่เกิดจากการอาร์คนี้แม้ว่าจะมาก แต่แรงดันและกระแสที่สูงพอที่จะทำลายล้างความต้านทานของสารคาร์บอนที่ผิวหน้าสัมผัสได้ สำหรับการสวิตช์โหลดขนาดใหญ่หน้าสัมผัสควรจะเป็นสารพวกเงินหรือโลหะผสมเงินและพอลลาเตียม ถ้ากระแสมากกว่า 500 mA ขึ้นไปไม่ควรใช้สารทองหรือโลหะผสมทองเด็ดขาด

อีกประการหนึ่งที่จะทำให้รีเลย์เสียหายถ้าผู้ใช้ไม่คำนึงถึงคือโหลดของรีเลย์ การทำงานของหน้าสัมผัสและอัตราการทนกระแสสูงสุด ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

1) โหลดเป็นตัวต้านทาน สิ่งที่ต้องทราบมีเพียงแรงดันและกระแสของโหลด ก็สามารถเลือกใช้รีเลย์ได้ตามต้องการ

2) โหลดเป็นตัวเก็บประจุ โหลดชนิดนี้ต้องมีกรงป้องกันวงจรด้วย ถ้าหน้าสัมผัสที่จะใช้นั้นทำหน้าที่ต่อแหล่งจ่ายแรงดันเข้ากับตัวเก็บประจุค่ามากๆ หรือใช้หน้าสัมผัสเป็นทางให้ตัวเก็บประจุคายประจุ ก็จะทำให้เกิดกระแสค่าสูงๆ ได้ขณะเริ่มเก็บและคายประจุ และหน้าสัมผัสอาจจะร้อนจนหลอมติดกัน ดังนั้นอาจจะต้องต่ออนุกรมด้วยตัวต้านทานเพื่อจำกัดกระแสผ่านหน้าสัมผัสไม่ให้สูงมากเกินไป

3) โหลดเป็นตัวเหนี่ยวนำ ก่อนข้างจะยุ่งยาก เพราะในช่วงสร้างหรือคายสนามแม่เหล็กของขดลวด (ที่เป็นโหลดตัวเหนี่ยวนำ) จะเกิดแรงดันตกคร่อมขณะนั้นสูงมาก ถ้ามีแรงดันสูงๆ เช่นนี้เกิดขึ้นคร่อมหน้าสัมผัสอาจเกิดการอาร์คขึ้น ถ้าการอาร์คแรงมากอาจทำให้หน้าสัมผัสร้อนจนเชื่อมติดกัน หรือทำให้สารที่ผิวหน้าสัมผัสถึงขั้นระเหยได้ ดังนั้นถ้าโหลดเป็นตัวเหนี่ยวนำพวกขดลวด, โซลีนอยด์, คอนแทคเตอร์ หรือมอเตอร์ ต้องมีวงจรลดการอาร์คเข้าไปด้วยทุกครั้ง เช่น ต่อไดโอดคร่อมขดลวด เป็นต้น

4) โหลดเป็นหลอดเผาไส้ หลอดไฟแบบไส้เมื่อเย็นลงความต้านทานไส้หลอดจะต่ำกว่าขณะใช้งานมาก ตัวอย่างเช่นไส้หลอดทั้งสแตนจะมีความต้านทานขณะเย็นต่ำกว่าขณะใช้งานมากถึง 12 ถึง 16 เท่า ดังนั้นเมื่อเริ่มใช้งานกระแสจะมีค่าสูงกว่าที่คำนวณปกติและจะค่อยๆ ลดลงมาเท่าปกติ ฉะนั้นทุกครั้งที่ใช้กรีเลย์ไปใช้กับหลอดเผาไส้จะต้องให้หน้าสัมผัสทนกระแสกระชากสูงสุดของหลอดนั้นๆ ได้ด้วย

5) โหลดใช้กับไฟตรงหรือไฟสลับ สำหรับโหลดชนิดไฟตรงควรจะมีวงจรลดการอาร์คที่หน้าสัมผัส แต่สำหรับโหลดชนิดไฟสลับ การอาร์คจะแรงน้อยลงเพราะการที่หน้าสัมผัสเคลื่อนที่เข้าทำให้ช่วงการอาร์คเต็มทีแรงดันตกคร่อมหน้าสัมผัสก็ลดลงจนผ่านศูนย์ไปแล้ว ปกติรีเลย์ที่ต้องใช้กับกำลังงานสูงๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับโหลดไฟตรงและโหลดเป็นตัวเหนี่ยวนำ ผู้ผลิตมักจะแนะนำว่าสารที่ใช้ทำหน้าสัมผัสควรจะใช้สารชนิดใด จึงจะช่วยลดการสึกหรองได้และหากเป็นไฟฟ้ากระแสสลับก็ควรรู้ว่า จะใช้งานกับความถี่เท่าใด

ถ้าเป็นการอาร์คในพื้นที่เล็กๆ และกระแสผ่านหน้าสัมผัสได้มาก อุณหภูมิที่หน้าสัมผัสจะเพิ่มสูงขึ้นมากจนอาจจะเกิดการหลอมเหลวละลายที่จุดนั้น ถ้าระบายความร้อนไม่ทันสารที่ใช้ทำหน้าสัมผัสอาจถึงขั้นระเหยไปเป็นสาเหตุที่ทำให้หน้าสัมผัสสึกกร่อน ขณะที่หน้าสัมผัสแยกตัวห่างกันมากขึ้นการอาร์คจะยืดยาว

และหายไปในช่วงที่สุด ระยะเวลาที่การอาร์คเริ่มหายไปขึ้นอยู่กับปริมาณกระแสไหลและแรงดันของแหล่งจ่ายไฟฟ้า บางครั้งหน้าสัมผัสอาจเฝิ้มและติดกันได้

อีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการอาร์คได้ก็คือ โหลดที่เป็นตัวเหนี่ยวนำเช่น ขดฟิลต์ของมอเตอร์ไฟฟ้า โซลีนอยด์และหม้อแปลงไฟฟ้า เมื่อหน้าสัมผัสกำลังแยกจากกันสนามแม่เหล็กในโหลดจะตกลงอย่างรวดเร็ว จึงเหนี่ยวนำให้เกิดแรงดันสูงมากตกคร่อมโหลดที่เป็นตัวเหนี่ยวนำนั้น แรงดันสูงนี้จะคร่อมหน้าสัมผัสที่กำลังแยกจากกันนี้ด้วยเป็นเหตุให้เกิดการอาร์คขึ้นแม้ว่าในบางครั้งแรงดันของแหล่งจ่ายไฟและกระแสที่โหลดใช้จะไม่พอที่จะทำให้เกิดการอาร์คก็ตาม

การดึงของหน้าสัมผัสก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งของการอาร์ค เมื่อรีเลย์ซึ่งปกติน้ำสัมผัสเปิดวงจร (NO) ได้รับกำลังงานไฟฟ้าที่ขดลวด ขั้วที่เป็นหน้าสัมผัสที่เคลื่อนที่ได้จะถูกบังคับให้เคลื่อนเข้าหาหน้าสัมผัสที่ถูกยึดอยู่กับที่การเคลื่อนที่จะหยุดทันทีเมื่อหน้าสัมผัสทั้งสองชนกัน ความเฉื่อยเนื่องจากน้ำหนักของขั้วประกอบกับแรงคืนตัวของสปริงที่ถูกยึดจะทำให้ขั้วดึงไปมาหลายครั้งก่อนที่จะแตะกับหน้าสัมผัสหนึ่งๆ แต่ครั้งที่หน้าสัมผัสแตะก็จะเกิดการอาร์คขึ้น ถ้ากระแสขณะอาร์คสูงพอหน้าสัมผัสทั้งสองอาจละลาย หากแรงดูดมากขึ้น (คือจ่ายไฟให้ขดลวดมากขึ้น) และสปริงแข็งขึ้นการดึงจะนานขึ้น เหตุการณ์ทำนองนี้จะเกิดทั้งขณะที่กำลังจะแตะกันและกำลังจะแยกจากกัน

เทคนิคการลดการอาร์คขึ้นอยู่กับเป้าหมายและราคาที่ต้องการซึ่งมีอยู่ 3 ประเด็นคือ

1. ป้องกันอุปกรณ์อื่นจากอันตรายอันอาจเกิดจากแรงดันทรานเซียนต์คร่อมขดลวดของรีเลย์
2. ลดการสึกหรอของหน้าสัมผัสอันเนื่องจากโหลดเป็นตัวเหนี่ยวนำ

3. ลดสัญญาณการรบกวนความถี่สูง (RFI) เนื่องจากการทำงานของหน้าสัมผัสทุกครั้งที่จะเพิ่มเติมวงจรลดอาร์คขึ้นมาั้นเพื่อป้องกันดังกล่าวอาจต้องสูญเสียสิ่งต่อไปนี้คือเสียเงินเพิ่มขึ้น การดึงกำลังงานจากวงจรมากขึ้น กินเนื้อที่มากขึ้นหรือรีเลย์ต้องใช้เวลาดังออกนานขึ้น ดังนั้นก่อนที่จะตัดสินใจว่าจะใช้เทคนิคการลดอาร์คอย่างไรนั้นประการแรกควรดูจุดมุ่งหมาย ประการที่สองพิจารณาวงจรที่จะเพิ่มเข้ามาั้นสามารถบรรลุเป้าหมายนั้นหรือไม่ และประการที่สามเมื่อเพิ่มวงจรเข้ามาสร้างปัญหาอื่นอีกหรือไม่

2.6.3 การเสื่อมของหน้าสัมผัส

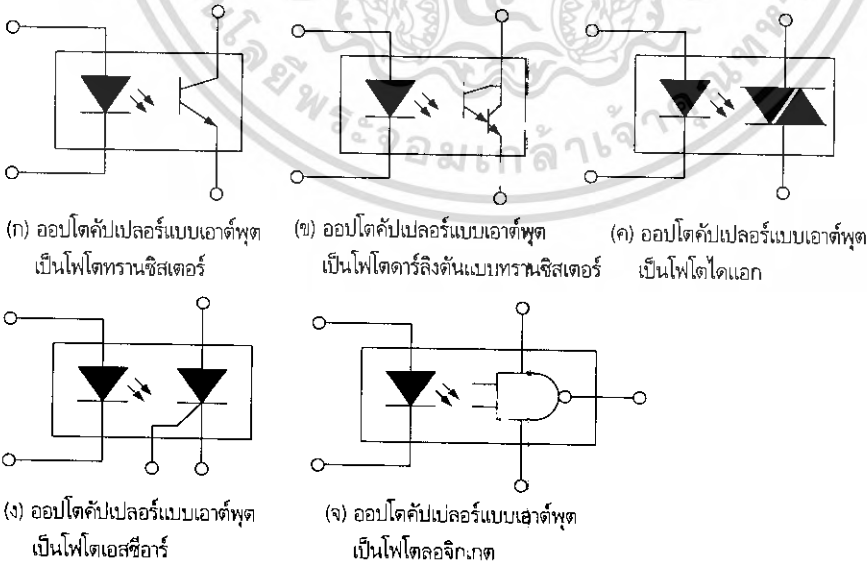
สารที่ใช้ทำหน้าสัมผัส, รูปร่างของหน้าสัมผัส และแรงกดที่ทำให้หน้าสัมผัสแตะกันนั้นจะเป็นตัวกำหนดว่ารีเลย์จะใช้กับโหลดได้สูงสุดเพียงใด เมื่อใช้กับโหลดที่มีช่วงแรงดันหรือกระแสเป็นไมโครแอมแปร์ ผู้ผลิตมักจะใช้รีเลย์ที่หน้าสัมผัสเป็นทอง แต่ถ้าโหลดเพิ่มขึ้นมากกว่า 0.5 แอมแปร์อาจเปลี่ยนไปใช้สารอื่นซึ่งทนการสึกหรอได้ดีกว่าซึ่งแต่ละสารก็มีคุณสมบัติแตกต่างกัน ความแตกต่างนี้เองที่อาจทำให้เกิดปัญหาได้ถ้าหากใช้หน้าสัมผัสเกินกว่าข้อจำกัดที่ระบุไว้ ตัวอย่างเช่นรีเลย์ซึ่งหน้าสัมผัสเคลือบทอง ซึ่งเป็นแบบที่นิยมใช้กันในรีเลย์อ่อนแอกประเภทขนาดเล็ก ผู้ผลิตอาจเขียนกำกับไว้ว่า "Low level to 2A" หมายถึงรีเลย์สามารถใช้กับวงจรแห่งได้ เมื่อหน้าสัมผัสแตะกันเรียบรอยแล้วจะรับโหลดขนาด 2 แอมแปร์ได้ กระแสที่ผ่านหน้าสัมผัส

ขนาด 2 แอมแปร์นั้นไม่เหมือนกับการใช้หน้าสัมผัสตัดหรือต่อโหลด 2 แอมแปร์ทันที สำหรับกรณีแรกนั้นง่ายกว่า ส่วนกรณีหลังต้องใช้หน้าสัมผัสที่ทนทานมากกว่า

2.7 การขับเคลื่อนมอเตอร์โดยใช้ออปโตคัปเปิลเลอร์

ในงานที่ต้องใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมโหลดที่ต้องการแรงดันและกระแสไฟฟ้าสูงมากๆ หรือเป็นโหลดทางไฟสลัม หากใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เข้าไปควบคุมโดยตรงอาจส่งผลเสียต่อระบบไมโครคอนโทรลเลอร์เองเนื่องจากที่โหลดกำลังไฟฟ้าสูงนั้นเมื่อเริ่มต้นหรือสิ้นสุดการทำงานจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของระดับแรงดันและกระแสไฟฟ้าอย่างมากและรวดเร็วซึ่งทำอันตรายต่อระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ หรือในการนำไมโครคอนโทรลเลอร์ไปควบคุมโหลดที่ไวต่อสัญญาณรบกวนอาจไม่สามารถใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงานของโหลดประเภทนี้ได้ ทำให้การขับโหลดเหล่านี้จึงต้องอาศัยอุปกรณ์ขับอีกแบบหนึ่งที่สามารถแยกระบบกราวด์ทางไฟฟ้าของไมโครคอนโทรลเลอร์ออกจากโหลดได้ ทำให้ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ปลอดภัยจากกระแสไฟฟ้ากระชากหรือทรานเซียนต์และโหลดที่ไวต่อสัญญาณรบกวนอันเกิดจากไมโครคอนโทรลเลอร์ก็สามารถทำงานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ อุปกรณ์ตัวนี้คือ อุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสงหรือออปโตคัปเปิลเลอร์ (Optocoupler)

ออปโตคัปเปิลเลอร์เป็นอุปกรณ์ที่มีการแบ่งส่วนอินพุตและเอาต์พุตออกจากกันทางไฟฟ้าอย่างสิ้นเชิง การถ่ายทอดสัญญาณระหว่างส่วนอินพุตและเอาต์พุตจะใช้การเชื่อมโยงทางแสงเท่านั้นทำให้กราวด์ของอินพุตเป็นวงจรไฟฟ้ากระแสตรงและวงจรทางเอาต์พุตเป็นวงจรไฟฟ้ากระแสสลับได้



รูปที่ 2.18 สัญลักษณ์ของออปโตคัปเปิลเลอร์แบบต่างๆ

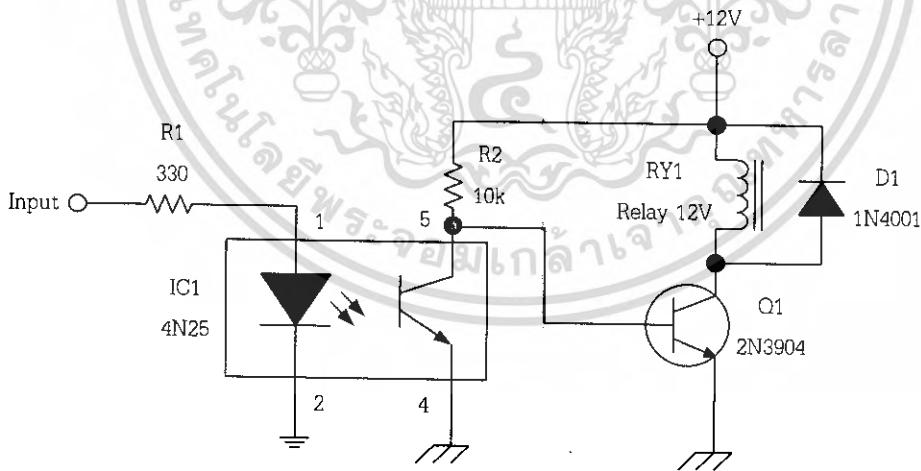
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคอินพุตของออปโตคัปเปิลเลอร์โดยส่วนใหญ่จะเป็น LED อินฟราเรด ในขณะที่ภาคเอาต์พุตจะเป็น อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่ทำงานเมื่อได้มีแสงมาตกกระทบ เช่น โฟโตทรานซิสเตอร์, โฟโตดาร์ลิงตัน, โฟโตลอจิก และโฟโตไดโอดแอกหรือโฟโตไทรสเตอร์ ดังแสดงสัญลักษณ์ของออปโตคัปเปิลเลอร์แบบต่างๆ ในรูปที่ 2.18

การทำงานจะเริ่มต้นด้วยการจ่ายแรงดันไบอัสตรงให้แก่ LED อินฟราเรดภายในออปโตคัปเปิลเลอร์ เมื่อ LED นำกระแสก็จะกำเนิดแสงอินฟราเรดส่องไปตกกระทบที่ขาเบสของโฟโตทรานซิสเตอร์ (ในกรณีที่ภาคเอาต์พุตเป็นโฟโตทรานซิสเตอร์หรือโฟโตดาร์ลิงตัน) ทำให้โฟโตทรานซิสเตอร์นำกระแส จะเกิดกระแสไหลผ่านจากขาคอลเล็กเตอร์มายังอิมิตเตอร์ โดยแหล่งจ่ายแรงดันทางเอาต์พุตสามารถใช้แยกกับทางอินพุตได้อย่างอิสระไม่ต้องต่อกราวด์ถึงกันจึงสามารถต่อกับแหล่งกำเนิดแรงดันสูงหรือแหล่งกำเนิดไฟสลับได้ โดยไม่มีการรบกวนย้อนกลับมาทางอินพุตและยังสามารถป้องกันการรบกวนจากอินพุตโดยผ่านทางสายกราวด์ได้ด้วย

ในรูปที่ 2.19 เป็นวงจรตัวอย่างของการนำไมโครคอนโทรลเลอร์ขับออปโตคัปเปิลเลอร์เพื่อทำการขับ โหลดรีเลย์กำลังไฟฟ้าสูงจะเห็นได้ว่าการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์กระตุ้นให้ออปโตคัปเปิลเลอร์ทำงานได้

ข้อควรจำในการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับออปโตคัปเปิลเลอร์จะต้องต่อความต้านทานเพื่อ จำกัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน LED ทางส่วนอินพุตของออปโตคัปเปิลเลอร์ด้วยเสมอกระแสทางอินพุตสูงสุดไม่ควรมากกว่า 15 mA



รูปที่ 2.19 การขับออปโตคัปเปิลเลอร์ด้วยข้อมูลดิจิทัล

2.8 อุปกรณ์ตรวจจับทางแสง

2.8.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับอุปกรณ์ตรวจจับทางแสง

แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กแบบหนึ่งที่มีความเร็ว 3×10^8 เมตรต่อวินาที แสงที่มองเห็นได้ (Visible Light) เป็นสเปกตรัมหนึ่งของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยมีความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 0.4-0.7 ไมโครเมตร อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำงานเกี่ยวข้องกับแสงหรือที่เรียกว่าออปโตอิเล็กทรอนิกส์นั้น จะมีการใช้งานที่มากกว่าย่านแสงที่มองเห็นสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสเปกตรัมย่านการใช้งานของอุปกรณ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์

ตารางที่ 2.2 ย่านความถี่ของคลื่นและความยาวคลื่นแสง

ย่านความถี่	รังสีเอกซ์เรย์	รังสีอัลตราไวโอเล็ต	แสงที่มองเห็นได้ม่วง-แดง	อินฟราเรด
ความยาวคลื่น	100 nm	400 nm	800 nm	1,000 nm

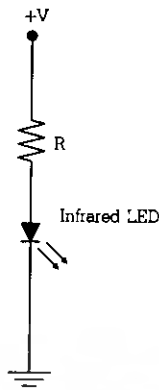
อุปกรณ์ตรวจจับทางแสงเป็นการนำเอาผลของแสงสว่างมาเปลี่ยนแปลงให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าเพื่อสามารถนำมาใช้งานในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้

2.8.2 อุปกรณ์ส่งสัญญาณแสง

ในการควบคุมด้วยสัญญาณแสง สัญญาณควบคุมที่เป็นสัญญาณไฟฟ้าจะถูกแปลงให้เป็นสัญญาณแสงก่อน ลักษณะของสัญญาณแสงที่ใช้ในการส่งสัญญาณแบ่งออกเป็น 2 ประเภทตามความถี่ของแสง คือ ประเภทที่มองเห็นได้และประเภทที่มองไม่เห็น ซึ่งมักจะได้แก่แสงของความถี่อินฟราเรดหรือเหนือแสงสีแดงในระบบของแสงที่มองเห็นได้ ความเข้มของแสงที่ใช้รับส่งเป็นสิ่งสำคัญมากเพราะไม่เช่นนั้นแสงทั่วไปอาจกระทบต่อวงจรภาครับได้ง่าย ในย่านความถี่อินฟราเรดสามารถตัดปัญหาการรบกวนของแสงอื่นได้โดยเด็ดขาด มีความน่าเชื่อถือในการใช้งานสูง

2.8.2.1 อินฟราเรดแอลอีดี (Infrared LED)

อินฟราเรดแอลอีดี ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อกำเนิดแสงในย่านอินฟราเรด เมื่ออินฟราเรดแอลอีดีนำกระแสอิเล็กทรอนิกส์เคลื่อนที่ผ่านสารกึ่งตัวนำชนิดพิเศษและเกิดรวมตัวกับโฮล ทำให้เกิดพลังงานโปรตอนหรือพลังงานแสง การเกิดพลังงานดังกล่าวเป็นไปในทันทีที่มีกระแสไหลผ่าน อินฟราเรดแอลอีดีสามารถกำเนิดแสงอินฟราเรดได้ในช่วงสองความยาวคลื่น คือ 880 นาโนเมตรและ 940 นาโนเมตร ขึ้นอยู่กับสารที่ใช้ผลิต



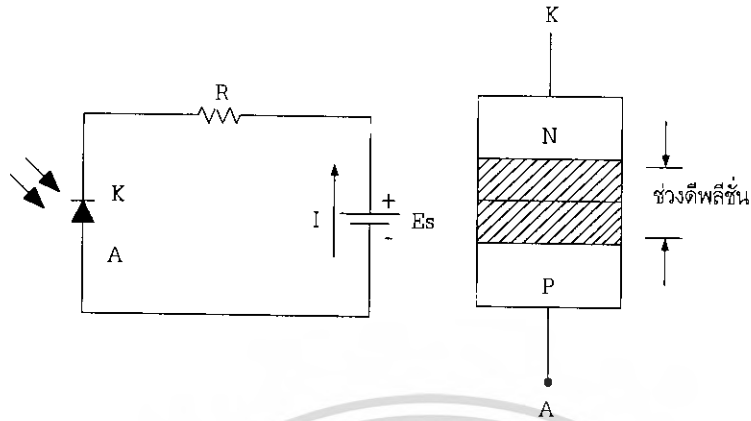
รูปที่ 2.20 การต่อใช้งานอินฟราเรดแอลอีดี

2.8.3 อุปกรณ์รับสัญญาณแสง

2.8.3.1 โฟโตไดโอด (Photo Diode)

โฟโตไดโอด เป็นอุปกรณ์เชิงแสงชนิดหนึ่ง ที่ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิด P และสารกึ่งตัวนำชนิด N รอยต่อจะถูกห่อหุ้มด้วยวัสดุที่แสงผ่านได้ เช่น กระดาษใส โฟโตไดโอดจะมีอยู่ 2 แบบ คือแบบที่ตอบสนองต่อแสงที่เรามองเห็นและแบบที่ตอบสนองต่อแสงในย่านอินฟราเรด ในการใช้งานจะต้องต่อโฟโตไดโอดในลักษณะไบอัสกลับโฟโตไดโอดจะยอมให้กระแสไหลผ่านได้มากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มของแสง เมื่อโฟโตไดโอดได้รับไบอัสกลับ (Reverse Bias) ด้วยแรงดันค่าหนึ่งและมีแสงมาตกกระทบบที่บริเวณรอยต่อ ถ้าแสงที่มากตกกระทบบมีความยาวคลื่นที่เหมาะสมจะมีกระแสไหลในวงจร โดยกระแสที่ไหลในวงจรจะแปรผกผันกับความเข้มของแสงที่มากตกกระทบบ ลักษณะทั่วไปขณะไบอัสตรง (Forward Bias) จะยังคงเหมือนกับไดโอดธรรมดาคือยอมให้กระแสไหลผ่านได้ เมื่อเปรียบเทียบโฟโตไดโอดกับ LDR (ตัวต้านทานที่แปรค่าตามแสง) แล้วโฟโตไดโอดมีการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานเร็วกว่า LDR มากจึงนิยมนำไปประยุกต์ใช้งานในวงจรที่ต้องการความเร็วสูง เช่น เครื่องนับสิ่งของ, ตัวรับรีโมทคอนโทรล, วงจรกันขโมยอินฟราเรด เป็นต้น

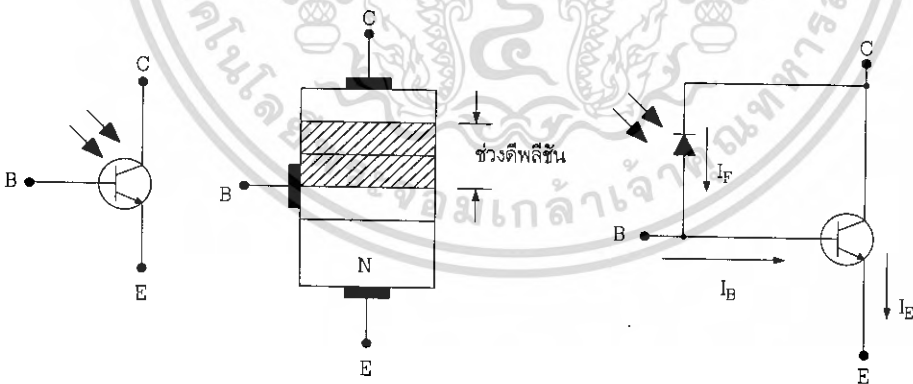
เนื่องจากโฟโตไดโอดให้ค่าการเปลี่ยนแปลงของกระแสต่อแสงต่ำ คืออยู่ในช่วง 1-10 μA เท่านั้น ดังนั้นการใช้งานโฟโตไดโอดจึงต้องมีตัวขยายกระแสเพิ่มเติมผู้ผลิตจึงหันมาใช้ทรานซิสเตอร์เป็นตัวขยายกระแสเพิ่มเติมอยู่ในตัวดังเดียวกันซึ่งเรียกว่า โฟโตทรานซิสเตอร์



รูปที่ 2.21 สัญลักษณ์และการไบอัสใช้งานโฟโตไดโอด

2.8.3.2 โฟโตทรานซิสเตอร์ (Photo Transistor)

โฟโตทรานซิสเตอร์ จะประกอบด้วยโฟโตไดโอดซึ่งจะต่ออยู่ระหว่างขาเบสกับคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์ ดังรูปที่ 2.22 กระแสที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของแสงจะถูกขยายด้วยทรานซิสเตอร์ ในการใช้งานโฟโตทรานซิสเตอร์รอยต่อระหว่างเบส-อิมิตเตอร์จะต่อไบอัสกลับ ที่รอยต่อนี้เองเป็นส่วนที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่ากระแสที่ขึ้นอยู่กับความเข้มของแสง

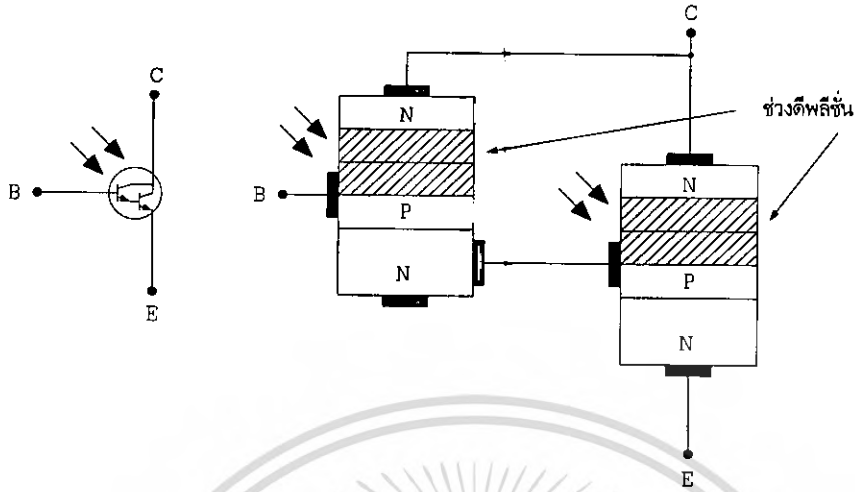


รูปที่ 2.22 สัญลักษณ์ โครงสร้าง และวงจรสมมูลของโฟโตทรานซิสเตอร์

2.8.3.3 โฟโตดาร์ลิ่งตันทรานซิสเตอร์ (Photo Darlington Transistor)

โฟโตดาร์ลิ่งตันทรานซิสเตอร์ คือโฟโตทรานซิสเตอร์ 2 ตัวต่อร่วมกันในลักษณะวงจรดาร์ลิ่งตัน คือต่อในลักษณะขาอิมิตเตอร์ของตัวหนึ่งจะต่อเข้ากับเบสของตัวถัดไป ลักษณะการต่อเช่นนี้จะทำให้ทรานซิสเตอร์มีอัตราขยายสูงขึ้นไปอีกมาก

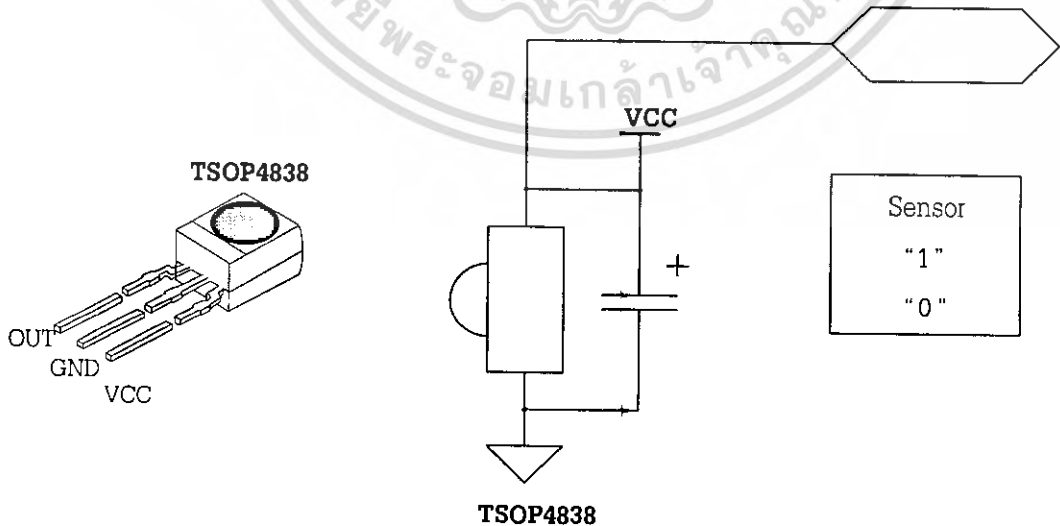
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.23 สัญลักษณ์และโครงสร้างของโฟโตดาร์ลิ่งตันทรานซิสเตอร์

2.8.3.4 ตัวรับสัญญาณอินฟราเรด TSOP4838

ปัญหาที่พบบ่อยมากในวงจรตรวจจับอินฟราเรดคือการรบกวนจากแสงภายนอก ทำให้ต้องใช้วงจรหรือเขียนโปรแกรมเข้ารหัสซึ่งเป็นการยุ่งยาก วิธีแก้ปัญหานั้นนิยมใช้คือการใช้วงจรที่เป็นตัวรับแบบสำเร็จรูปซึ่งจะให้ค่าเอาต์พุตออกมาเป็นสัญญาณดิจิทัลทันที คือ TSOP48xx โดยออกแบบภาคส่งให้ได้ค่าความถี่เท่ากับตัวรับ ในที่นี้เลือกใช้รุ่น TSOP4838 ซึ่งรับความถี่แบบ 38 kHz โดยตัวเก็บประจุในวงจรทำหน้าที่ลดการรบกวนจากภาคส่ง



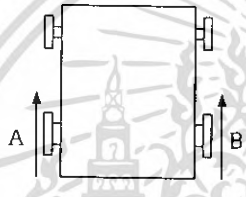
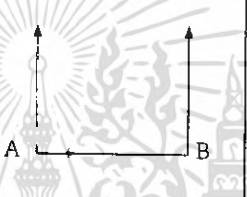

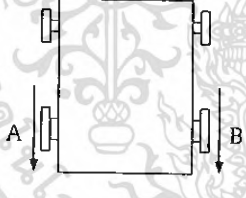
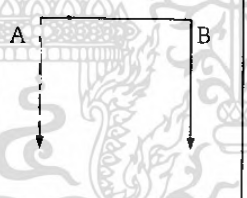

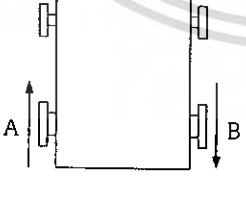
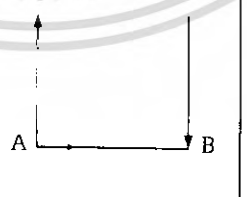
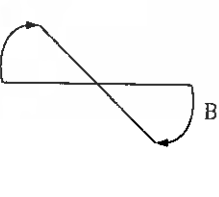
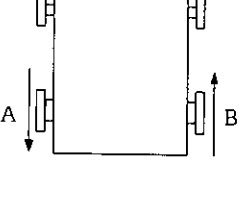
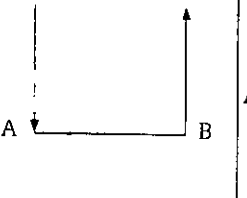
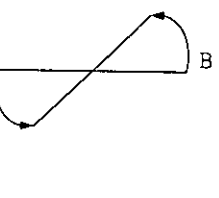
รูปที่ 2.24 ปรแกรมและวงจรใช้งานของ TSOP4838

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 การควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส

ในการควบคุมการเคลื่อนที่นั้นจะใช้มอเตอร์ขับเคลื่อนจำนวน 2 ตัว ติดตั้งที่บริเวณด้านล่างตรงส่วนช่วงท้ายของฐานหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส ต่อผ่านไปยังล้อขับเคลื่อนทั้งล้อซ้ายและล้อขวา สำหรับการเคลื่อนที่และการบังคับเลี้ยวจะควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยแสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 หลักการเคลื่อนที่และการเลี้ยวของหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส

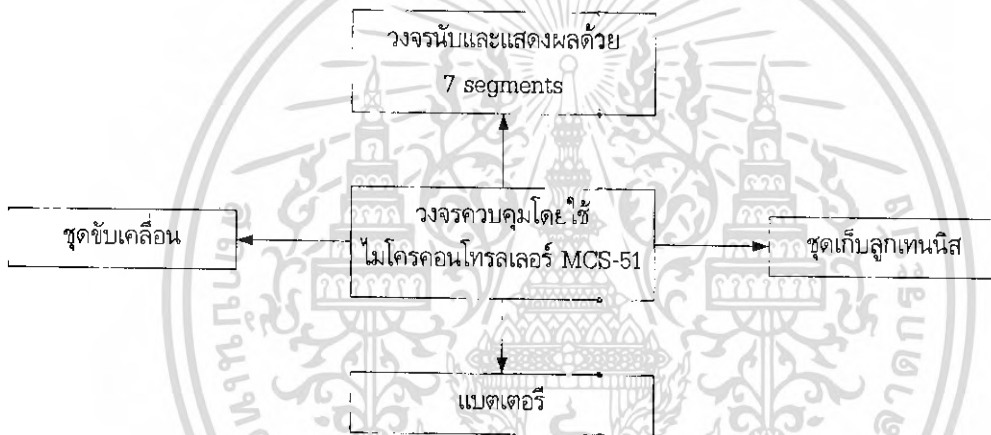
ทิศทางการเคลื่อนที่	ทิศทางการหมุนของล้อ	เวกเตอร์ที่เกิดขึ้น	การเคลื่อนที่ของหุ่น
ก) เดินหน้า			
ข) ถอยหลัง			
ค) เลี้ยวซ้าย			
ง) เลี้ยวขวา			

บทที่ 3

การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

3.1 กล่าวนำ

หุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิสประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังรูปที่ 3.1 ดังนี้คือ ส่วนของวงจรควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51, ชุดขับเคลื่อน, ชุดเก็บลูกเทนนิส, วงจรนับและแสดงผลด้วย 7 Segments และส่วนของแบตเตอรี่ ซึ่งสามารถแยกอธิบายถึงการออกแบบ การสร้าง และการทำงานของส่วนต่างๆ ได้ดังนี้



รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงานของหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส

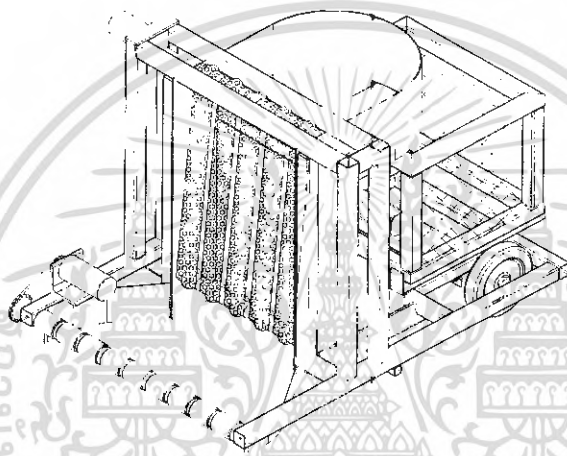
การทำงานของหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิสนั้นจะใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 7.5 แอมแปร์ จำนวน 2 ลูกเพื่อจ่ายพลังงานให้แก่ชุดขับเคลื่อนของตัวหุ่นยนต์และมีแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 1.3 แอมแปร์ อีก 1 ลูกทำหน้าที่จ่ายพลังงานให้แก่วงจรต่างๆ ซึ่งต้องทำการแปลงเป็นแรงดัน 5 โวลต์ด้วยวงจรเรกูเรเตอร์ ก่อน จากแผนผังมีวงจรควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมให้ชุดขับเคลื่อน ชุดเก็บลูก และวงจรถับและแสดงผลด้วย 7 Segments ทำงานตามคำสั่งที่ได้โปรแกรมไว้ สำหรับชุดขับเคลื่อนนั้นใช้มอเตอร์ 2 ตัวควบคุมล้อด้านซ้ายและขวาให้เคลื่อนที่ไปตามทิศทางที่ต้องการ ส่วนชุดเก็บลูกเทนนิสนั้นประกอบด้วยเพลากวาดและสายพานลำเลียงลูกเทนนิส โดยเมื่อหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิสจากพื้นสนามขึ้นมาได้แล้วลูกเทนนิสจะกลิ้งผ่านเซนเซอร์แสงอินฟราเรดเพื่อทำการตรวจจับลูกที่เก็บมาได้และทำการส่งค่าลอจิกไปยังวงจรถับเพื่อนำค่าไปแสดงผลยังจอแสดงผล 7 Segments และเมื่อเก็บได้ครบจำนวน 100 ลูกผู้ใช้งานต้องทำการเปลี่ยนตะกร้าใส่ลูกไปใหม่เพื่อเก็บลูกในสนามต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

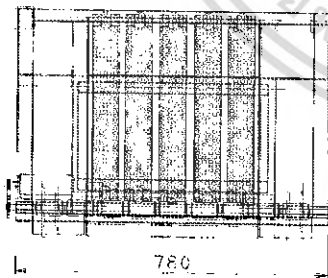
3.2 การออกแบบทางโครงสร้าง

3.2.1 การออกแบบโครงสร้างของหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส

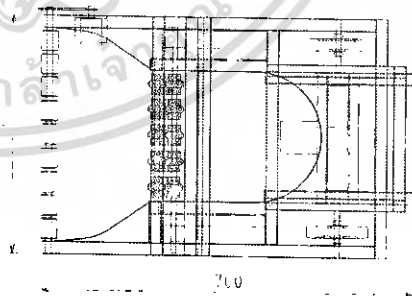
ในส่วนของโครงสร้างนั้นได้ออกแบบโดยคำนึงถึงความแข็งแรงและน้ำหนักที่เหมาะสม ซึ่งได้นำอลูมิเนียมขนาด 1 นิ้วมาทำเป็นโครงสร้างหลัก ส่วนโครงสร้างย่อยต่างๆ ใช้อลูมิเนียมขนาด 2 ซม. เพื่อให้น้ำหนักรวมขณะมีลูกเทนนิสอยู่เต็มตะกร้าไม่มากจนทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ช้าจนเกินไป อีกทั้งการออกแบบยังเน้นที่จะทำให้หุ่นยนต์มีขนาดเล็กกะทัดรัดที่สุด เพื่อสะดวกต่อการเคลื่อนย้ายและการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์



รูปที่ 3.2 โครงสร้างของหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส



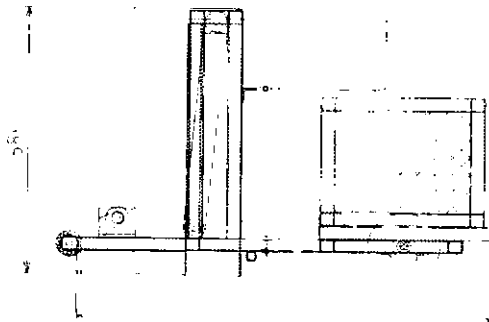
ก) ภาพด้านหน้าของหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส



ข) ภาพด้านบนของหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส

รูปที่ 3.3 ภาพด้านหน้าและด้านบนของหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส

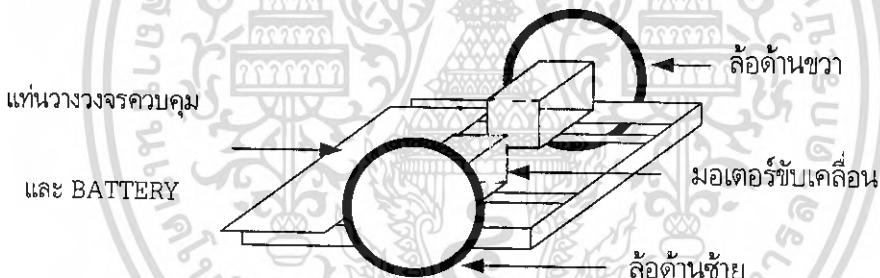
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 ภาพด้านข้างของหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส

3.2.2 การออกแบบชุดล้อขับเคลื่อน

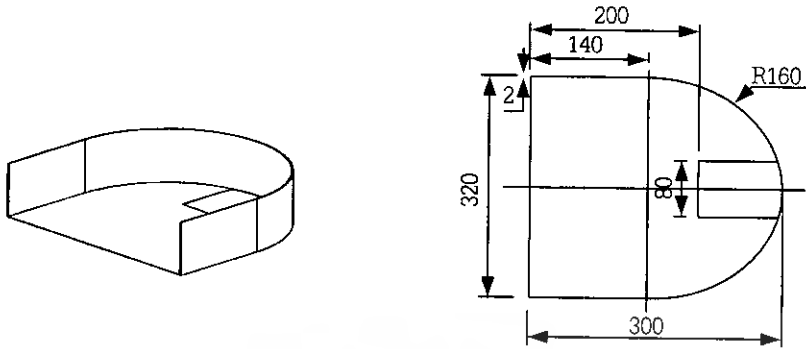
ในส่วนของชุดล้อขับเคลื่อนได้เลือกใช้ล้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว ซึ่งเป็นล้อที่มีขายทั่วไปตามท้องตลาด โดยได้นำมาต่อเข้ากับเฟลาและเชื่อมเฟลาติดกับแกนของมอเตอร์



รูปที่ 3.5 การออกแบบชุดล้อขับเคลื่อน

3.2.3 การออกแบบถาดพักลูก

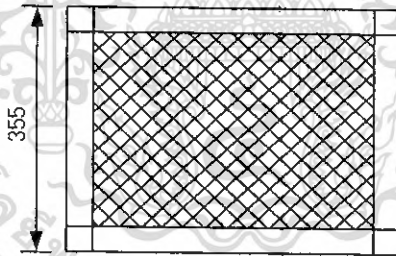
ในส่วนของถาดพักลูกนั้นได้ใช้ลูมินีเยมขนาด 2 ซม. ทำเป็นโครงสร้างเพื่อนำลูมินีเยมแผ่นบางมาประกบด้านข้างทำเป็นขอบของถาดพักลูก ส่วนพื้นของถาดพักลูกนั้นปูด้วยแผ่นไม้อัดซึ่งการออกแบบในส่วนนี้ต้องคำนวณความลาดเอียงให้เหมาะสม เพราะหากเอียงน้อยไปอาจทำให้ลูกเทนนิสที่เก็บขึ้นมาได้นั้นไม่กลิ้งลงสู่ตะกร้าด้านล่างได้ และสิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งคือจะต้องวางถาดพักลูกนี้ให้มีความสูงจากพื้นอย่างพอเหมาะกับความสูงของตะกร้าใส่ลูกเทนนิส เพราะอาจทำให้ไม่สามารถสอดตะกร้าเข้าไปใต้ถาดพักลูกได้ โดยขนาดของถาดพักลูกที่ออกแบบไว้แสดงดังรูปที่ 3.6



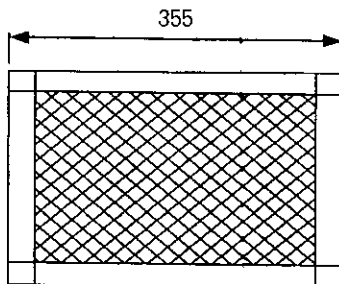
รูปที่ 3.6 ขนาดของถาดพักลูก

3.2.4 การออกแบบตะกร้าใส่ลูกเทนนิส

สำหรับการออกแบบตะกร้าใส่ลูกเทนนิสนั้นได้ออกแบบให้มีลักษณะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยม โครงสร้างทำจากอลูมิเนียมและปิดช่องด้วยตาข่ายพลาสติกแบบรูทึบสีดำที่ทำการซ้อนขอบตาข่ายและปิดมุมของตะกร้าเพื่อให้เกิดความเรียบร้อยสวยงาม อีกทั้งการออกแบบในลักษณะนี้ยังทำให้ตะกร้ามีขนาดเล็กและกะทัดรัด

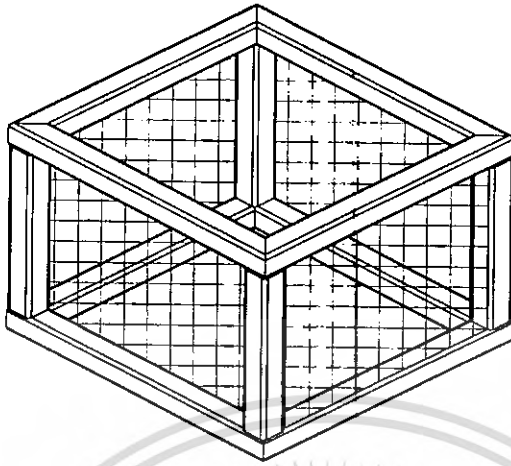


รูปที่ 3.7 ภาพด้านบนของตะกร้าใส่ลูกเทนนิส



รูปที่ 3.8 ภาพด้านข้างของตะกร้าใส่ลูกเทนนิส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

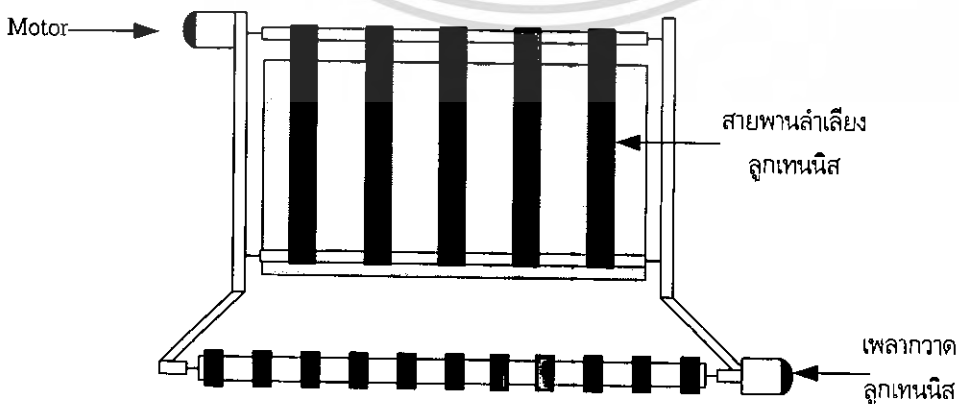


รูปที่ 3.9 ลักษณะรูปร่างของตะกร้าใส่ลูกเทนนิส

3.2.5 การออกแบบเพลากวาดลูกเทนนิสและสายพานลำเลียงลูกเทนนิส

หุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิสที่สร้างขึ้นนี้มีเพลากวาดทำหน้าที่กวาดลูกเข้าสู่สายพานลำเลียง ชุดเพลากวาดมีระบบการขับเคลื่อนด้วยเฟืองและโซ่ มีต้นกำลังในการขับเคลื่อน คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 12 โวลต์มีความเร็ว 650 รอบต่อนาที แกนเพลากวาดทำจากเหล็กขนาด 8 มม. สวมด้วยลูกยาง

สำหรับการออกแบบชุดสายพานลำเลียงลูกเทนนิสนั้น ได้ออกแบบโดยใช้ผ้าตีนตุ๊กแกขนาดหน้ากว้าง 1 นิ้ว ยาวเส้นละ 115 ซม. จำนวน 5 เส้น ทอดเรียงกันไปบนเพลากวาดเพื่อช่วยในการลำเลียงลูกเทนนิส ซึ่งผ้าตีนตุ๊กแกที่นำมาใช้นี้สามารถช่วยลดการเกิดความเสียหายของลูกเทนนิสจากการเก็บลูกเทนนิสได้ดี ในรูปที่ 3.10 แสดงลักษณะของเพลากวาดและสายพานลำเลียงลูกเทนนิสที่ได้ออกแบบ



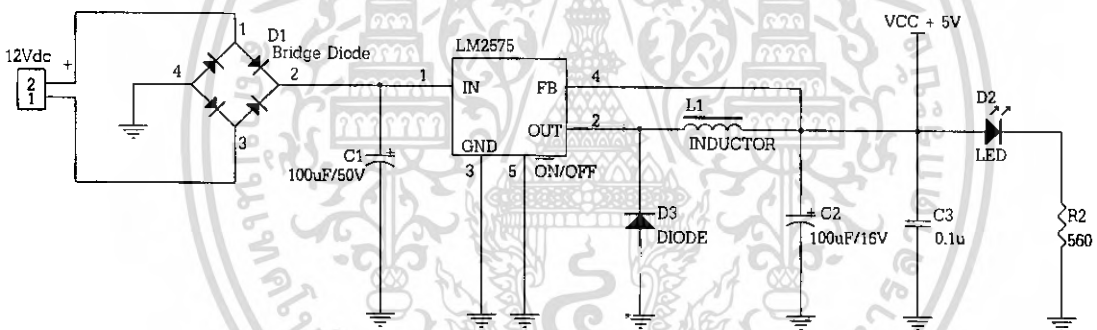
รูปที่ 3.10 ลักษณะของเพลากวาดและสายพานลำเลียงลูกเทนนิส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วงจรควบคุมแรงดันไฟ 5 โวลต์

สำหรับวงจรควบคุมแรงดันไฟ 5 โวลต์นั้นใช้ไอซีเบอร์ LM2575-5 ซึ่งเป็นไอซีเรกูเลเตอร์แบบสวิตช์ ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพสูงกว่าไอซีเรกูเลเตอร์ตระกูล 78xx ทั่วไปและสามารถจ่ายกระแสได้สูงถึง 3 แอมป์ แต่มีข้อเสียคือ ไอซีจะสร้างความถี่ 52 kHz ออกมา ฉะนั้นวงจรทางด้านเอาต์พุต จึงต้องใช้ชดเชยเข้ามาประกอบด้วย

หลักการทำงานของวงจร คือ เมื่อทำการป้อนแรงดันแรงดัน 12 โวลต์เข้าที่วงจรบริดจ์และผ่านเข้าไปที่ขา 1 ของไอซี LM2575-5V จากนั้นแรงดันจะถูกควบคุมให้เหลือ 5 โวลต์ โดยการป้อนกลับผ่าน L1 เข้ามาที่ขา 4 มาเข้าวงจรเปรียบเทียบภายในตัวไอซี LM2575-5V และออกไปผ่านตัวเก็บประจุที่ทำหน้าที่กรองความถี่ และแสดงผลด้วยแอลอีดีซึ่งจะแสดงเมื่อมีไฟออกที่เอาต์พุต หากวงจรทำงานเป็นปกติแอลอีดีจะติด แสดงสภาวะการทำงาน จากนั้นสามารถนำสายไฟมาต่อที่ขั้วต่อเอาต์พุตและนำไปใช้งานได้ โดยจะให้แรงดันเอาต์พุตคงที่ 5 โวลต์

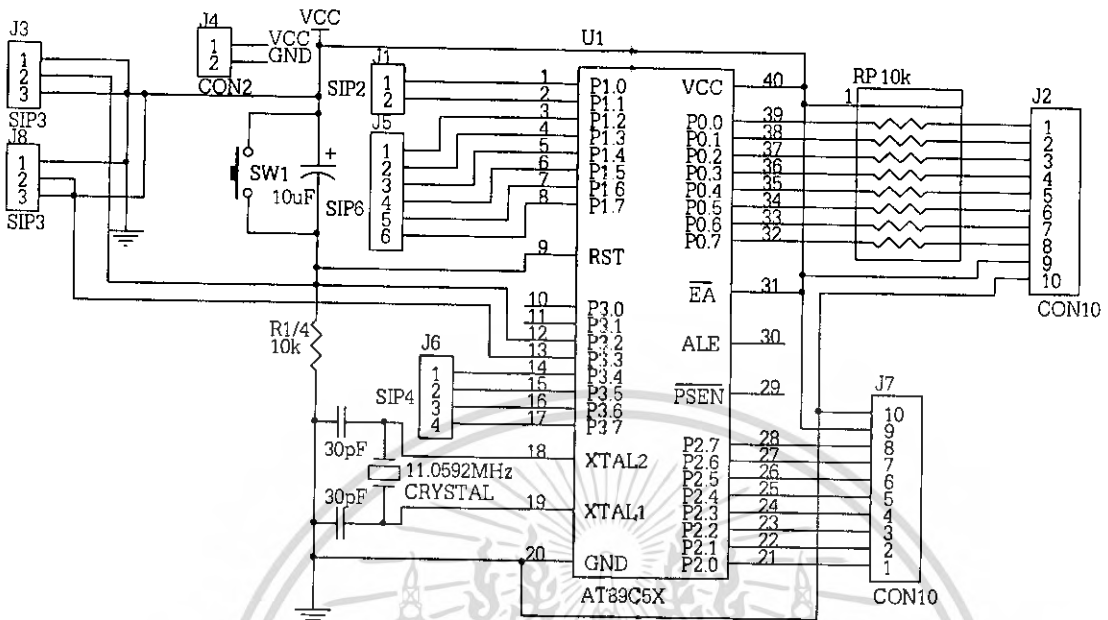


รูปที่ 3.11 วงจรควบคุมแรงดันไฟ 5 โวลต์

3.4 วงจรควบคุมการนับ

ในการสร้างวงจรควบคุมการนับนี้ ได้นำไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ AT89s52 มาใช้เป็นตัวควบคุม โดยต้องทำการโปรแกรมการทำงานจากเครื่องโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ก่อน แล้วจึงนำมาใส่ในวงจรควบคุมการนับ อีกทั้งยังต้องมีอุปกรณ์เพิ่มเติมได้แก่ คริสตอลความถี่ 11.0592 MHz, ตัวเก็บประจุค่า 30 pF, R-pull up ค่า 10 k Ω และวงจร RC รีเซตรวมด้วย สำหรับการต่อใช้งานนั้นจะมีการนำทั้ง 4 พอร์ตออกมาใช้งาน และมีการรับสัญญาณอินเทอร์รัพท์เข้ามาทางขา 12 และขา 13

สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 นี้จะนำมาใช้ในการควบคุมการนับจำนวนลูกเทนนิสที่เก็บมาได้เพื่อนำไปแสดงผลยัง 7 Segments 3 หลัก



รูปที่ 3.12 วงจรควบคุมการนับ

การทำงานเบื้องต้นของวงจรควบคุมจากรูปที่ 3.12 ขา 40 จะต่อเข้ากับแรงดัน VCC +5 โวลต์ ส่วน ขา 20 เป็น GND วงจรนี้ใช้คริสตอล 11.0592 MHz เพื่อกำหนดความถี่ ส่วนขา 9 เป็นขารีเซ็ตต่อร่วมกับ วงจร RC ซึ่งการต่อในลักษณะนี้จะทำให้เกิดการรีเซ็ตทุกครั้งที่มีอนไฟเข้าวงจร ส่วนขา 13 เป็นขารับสัญญาณ อินเทอร์เน็ตจากภายนอก ซึ่งหากได้รับสัญญาณพัลส์ขอบขาลงจะทำให้เกิดการอินเทอร์เน็ตขึ้นและนำ สัญญาณนี้ไปใช้สำหรับเพิ่มค่าการนับและแสดงผลที่ 7 Segments

รายละเอียดการใช้งานพอร์ตต่างๆ มีดังนี้

- | | |
|-----------------|--|
| พอร์ต P0.0-P0.7 | ให้นำค่าไปแสดงผลลง 7 Segments โดยมี R-pull up ค่า 10 k Ω ต่อ ร่วมอยู่ด้วย |
| พอร์ต P1.0-P1.1 | ใช้ต่อเข้าที่อินพุต A และ B ของไอซี 74LS145 เพื่อเลือกหลัก |
| พอร์ต P1.2-P1.7 | สำหรับต่อใช้งานทั่วไป |
| พอร์ต P2.0-P2.7 | สำหรับต่อใช้งานทั่วไป |
| พอร์ต P3.3-P3.4 | รับสัญญาณอินเทอร์เน็ตจากภายนอก |

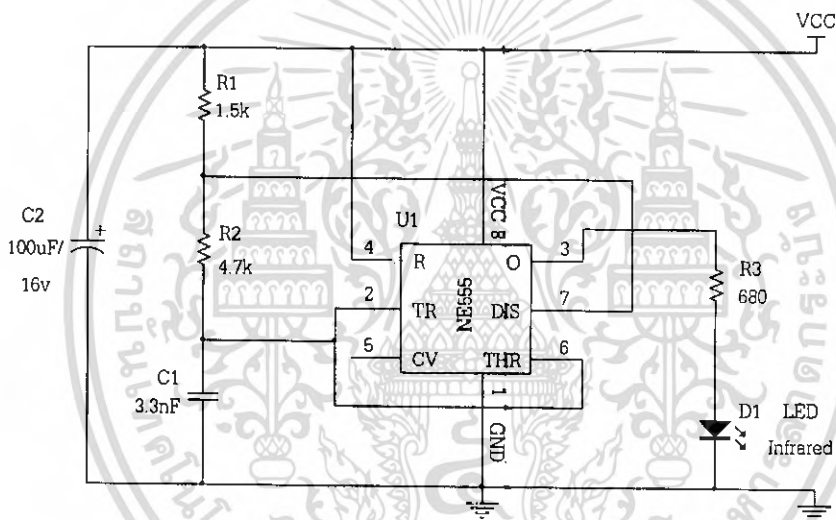
ซึ่งการต่อใช้งานพอร์ตต่างๆ ไปยังวงจรอื่นนั้นจะต้องมีการเขียนโปรแกรมควบคุมพอร์ตที่สัมพันธ์กับ ฮาร์ดแวร์ของวงจรมานั้นๆ มิฉะนั้นอาจทำให้การทำงานไม่เป็นไปตามที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 วงจรส่งสัญญาณอินฟราเรด 38 kHz

จากรูปที่ 3.13 เป็นวงจรอะอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์พรีรันนิ่งที่ใช้ไอซีเบอร์ 555 สร้างสัญญาณพัลส์เพื่อส่งไปขับหลอดอินฟราเรด ซึ่งการทำงานเริ่มต้นที่ R1, R2 และ C5 ทำหน้าที่เป็นตัวกำหนดคงตัวเวลาให้กับไอซี 555 ในการสร้างสัญญาณพัลส์ความถี่ 38 kHz ออกทางขา 3 ไปขับ D1 (IR TX Infrared Transmitter) ให้เปล่งแสงอินฟราเรด โดยมี R3 เป็นตัวจำกัดกระแส ซึ่งการนำไปใช้งานนั้นจะใช้ คู่กับโมดูลภาครับ ส่วนค่าความถี่สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.1

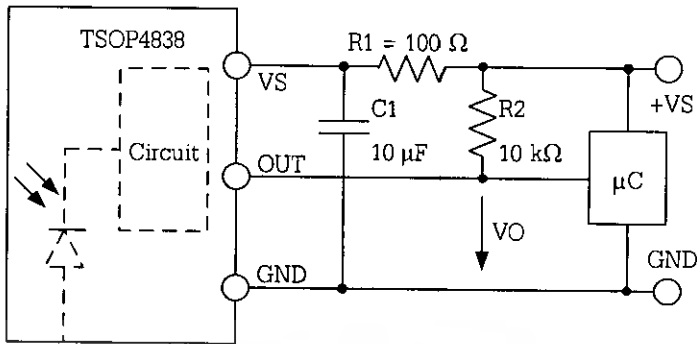
$$F = 1.44 / (R1 + 2R2) C5 = 4.5 \text{ kHz} \quad (3.1)$$



รูปที่ 3.13 วงจรส่งสัญญาณอินฟราเรด 38 kHz

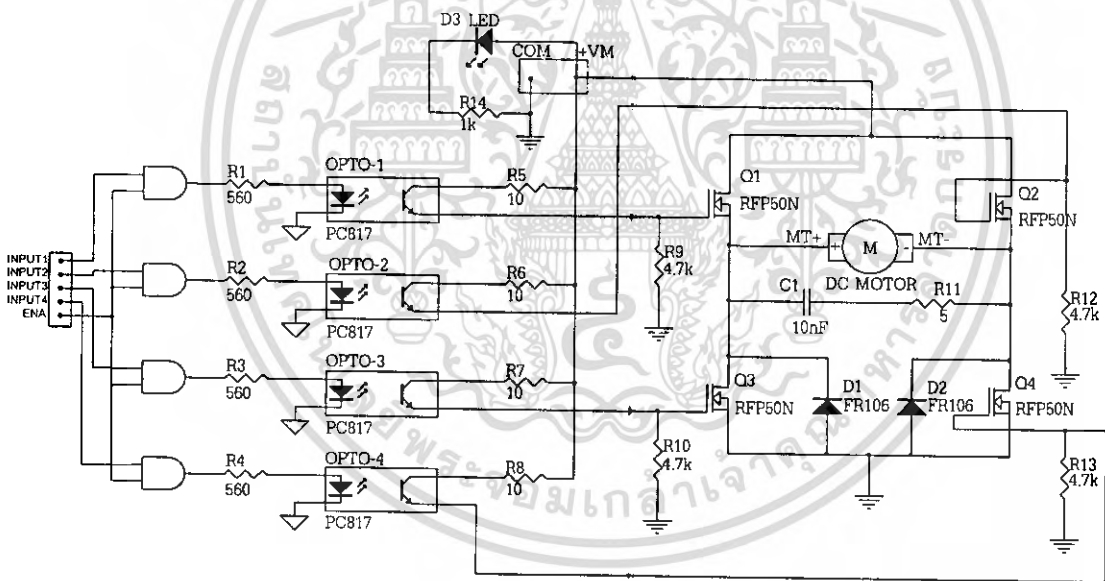
3.6 วงจรโมดูลรับแสงอินฟราเรดความถี่ 38 kHz

ในการทำงานปกติแผงวงจรโมดูลรับแสงอินฟราเรด 38 kHz ที่ผสมมากับแสงอินฟราเรด จะให้ลอจิก "1" ออกมาทางเอาต์พุตที่จุดเอาต์พุต แต่ถ้าได้รับแสงอินฟราเรดที่ผสมสัญญาณความถี่ 38 kHz อย่างต่อเนื่องจะให้สัญญาณลอจิกเอาต์พุตออกมาเป็น "0" ในช่วงเวลานั้นๆ ดังนั้นแสงอินฟราเรดที่ถูกส่งออกจากแผงวงจรกำเนิดแสงอินฟราเรด (Infrared LED) จะต้องมีการผสมความถี่ 38 kHz เข้าไปเมื่อต้องการส่งลอจิก "0" และไม่ทำงานใดๆ เมื่อส่งลอจิก "1"



รูปที่ 3.14 หลักการทำงานและลักษณะของโมดูลรับแสงอินฟราเรด

3.7 วงจรขับและกลับทิศทางมอเตอร์โดยใช้มอสเฟต



รูปที่ 3.15 วงจรขับและกลับทิศทางมอเตอร์โดยใช้มอสเฟต

จากรูปที่ 3.15 ประกอบด้วยมอสเฟตชนิด N-Channel จำนวน 4 ตัว หลักการทำงานในที่นี้จะกล่าวถึงกรณีที่ขา Ena เป็น 1 เพราะหากขา Ena เป็น 0 วงจรนี้จะไม่ทำงาน เมื่อป้อนลอจิกให้อินพุต 1 และ 4 เป็น 0 ทำให้อุปโตคัปเปลอร์ตัวที่ 1 และ 4 ทำงานส่งผลให้มีแรงดันไบแอสที่ขาเกตของ Q1 และ Q4 ทำให้มอสเฟตคู่นี้ทำงาน สังเกตการไหลของกระแสทำให้มอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา และเมื่อป้อนลอจิกให้อินพุต 2 และ 3 เป็น 0 ทำให้อุปโตคัปเปลอร์ตัวที่ 2 และ 3 ทำงานส่งผลให้มีแรงดันไบแอสที่ขาเกตของ Q2

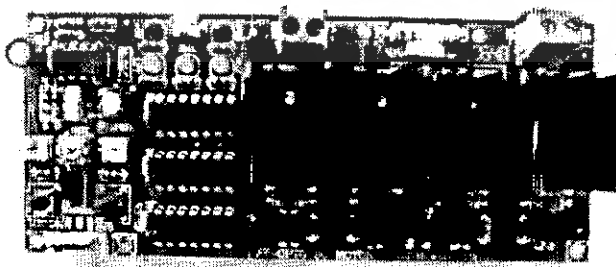
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ Q3 ทำงาน สังเกตการไหลของกระแสในวงจรจะทำให้มอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา แต่เมื่อไม่ป้อนอินพุตหรือป้อนเป็น 1 พร้อมกันมอเตอร์จะไม่หมุนเพราะมอสเฟตจะดึงกระแสบวกเข้ามอเตอร์ทั้ง 2 ขั้ว

3.8 บอร์ดขับมอเตอร์ ET-OPTO DC MOTOR DRIVER 6-24V/5A

3.8.1 คุณสมบัติทั่วไป

1. ใช้มอสเฟตทำหน้าที่เป็นตัวขับสามารถใช้ขับมอเตอร์ดีซีได้ตั้งแต่ 6V-24V ที่กระแส 5A โดยประมาณ
2. แรงดันที่จ่ายให้บอร์ดแบ่งออกเป็น 2 ชุดคือ แรงดัน 5V สำหรับไอซีและแรงดัน 6V-24V สำหรับมอเตอร์ดีซี
3. ใช้ฮอปโตคัปเปิลเลอร์เป็นตัวแยกกราวด์ระหว่างแหล่งจ่ายทั้ง 2 ชุด เพื่อป้องกันความเสียหายของอุปกรณ์บนบอร์ด
4. สามารถควบคุมความเร็วมอเตอร์ดีซีด้วยสัญญาณ PWM ได้จากบอร์ดโดยตรงหรืออาจใช้สัญญาณ PWM จากภายนอกบอร์ดเข้ามาควบคุมความเร็วแทน
5. สามารถเปลี่ยนทิศทางการหมุนของมอเตอร์ดีซีได้จาก SW.LEFT และ SW.RIGHT ที่ต่ออยู่บนบอร์ด และมีขั้วสำหรับต่อสวิตช์ภายนอกบอร์ดเข้ามาควบคุมแทนสวิตช์บนบอร์ด
6. มีขั้วต่อ 5 ขาสำหรับใช้ต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อใช้ส่งสัญญาณจากภายนอกมาควบคุมทิศทางและความเร็วการหมุนของมอเตอร์ดีซีได้โดยตรง
7. สามารถออกแบบให้หยุดการหมุนของมอเตอร์ดีซีได้ 2 แบบคือแบบ Fast Stop และแบบ Slow Stop

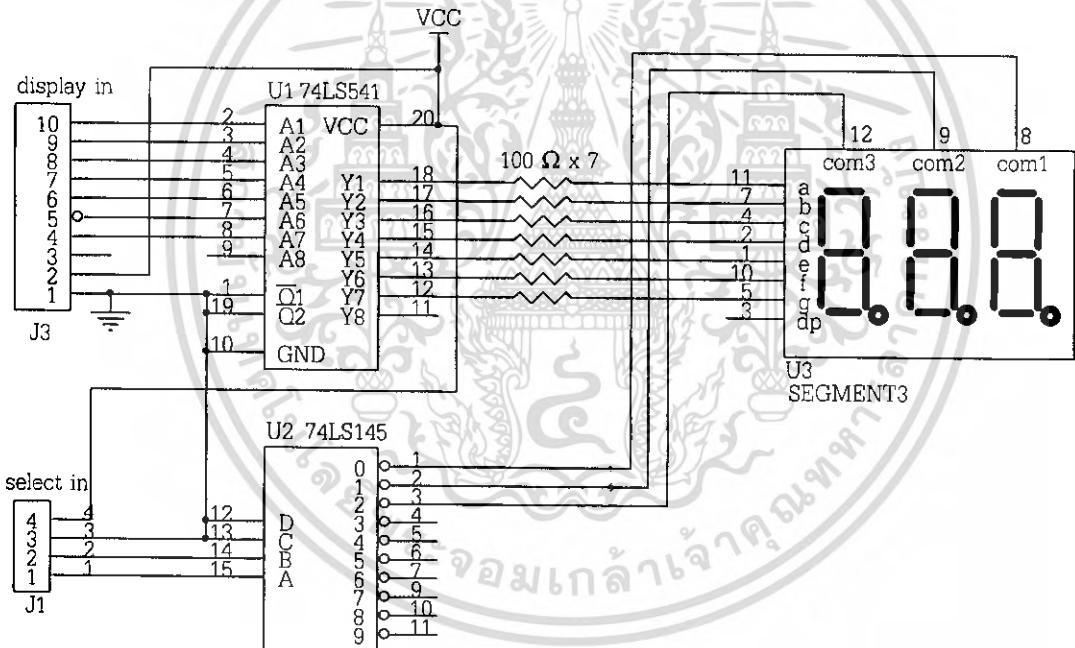


รูปที่ 3.16 บอร์ดขับมอเตอร์ ET-OPTO DC MOTOR DRIVER 6-24V/5A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9 วงจรขับจอแสดงผล 7 Segments 3 หลัก

หลักการการทำงานของวงจรขับจอแสดงผลนี้คือ วงจรจะรับค่าจากไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ได้ทำการโปรแกรมไว้แล้วซึ่งค่าดังกล่าวจะแบ่งเป็น 2 ส่วนคือส่วนที่ใช้แสดงผลโดยต่อผ่านพอร์ต P0 เข้าไปยังไอซีขับ 74LS541 เพื่อทำให้ 7 Segments ทั้ง 3 หลักติดสว่าง และส่วนที่ใช้สำหรับเลือกหลักในการแสดงผลของ 7 Segments ซึ่งต่อผ่านพอร์ต P3.0 และ P3.1 เข้าไปยังไอซีถอดรหัส 74LS145 และส่งสัญญาณเอาต์พุตไปยัง 7 Segments ทั้ง 3 หลักต่อไป ซึ่งวงจรนี้ใช้ในการแสดงผลการนับจำนวนลูกเทนนิสที่หุ่นยนต์เก็บมาได้ หลักการเริ่มต้นอาศัยสัญญาณอินเตอร์รัพท์จากภายนอกซึ่งเป็นสัญญาณเอาต์พุตของโมดูลภาครับสัญญาณอินฟราเรดที่ส่งเข้ามายังขา INTO และ INT1 ของไมโครคอนโทรลเลอร์และทำให้เกิดการเพิ่มค่าการนับขึ้นครั้งละ 1 ค่าทุกๆ การเกิดสัญญาณอินเตอร์รัพท์ขอขาลงตามที่ได้โปรแกรมไว้ ซึ่งตัวเลขที่แสดงผลจะเริ่มต้นที่ 000 ไปจนถึง 100



รูปที่ 3.17 วงจรแสดงผลด้วย 7 Segments 3 หลัก

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 กล่าวนำ

ในบทนี้กล่าวถึงการทดลองและผลการทดลองการทำงานของวงจรในส่วนต่างๆ ของโครงงานหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิสที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้น เพื่อให้ทราบว่ามีการทำงานตรงตามขอบเขตที่คาดหวังหรือไม่และทราบถึงปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้น รวมทั้งได้ทราบผลการทดลองและนำไปพัฒนาให้ดียิ่งขึ้นในกรณีที่ผลการทดลองที่ได้ยังไม่เป็นที่น่าพอใจเท่าใดนัก โดยจะแบ่งการทดลองออกไปตามการทำงานของส่วนต่างๆ ได้แก่ การทำงานของวงจรส่งและรับสัญญาณอินฟราเรดความถี่ 38 kHz, การควบคุมมอเตอร์ขับเคลื่อนล้อ, การนับจำนวนลูกเทนนิส และการเก็บลูกเทนนิส

4.2 การทดลองวงจรส่งและรับสัญญาณอินฟราเรดความถี่ 38 kHz

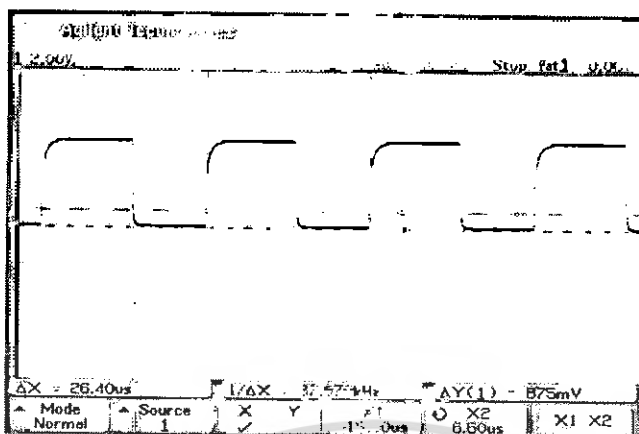
4.2.1 ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. จัดเตรียมอุปกรณ์และวงจรส่งและรับสัญญาณอินฟราเรดความถี่ 38 kHz
2. บ้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ให้แก่วงจรส่งและรับสัญญาณอินฟราเรด
3. ทับปลาย LED Infrared ของวงจรด้านส่งให้ตรงกับโมดูลรับสัญญาณอินฟราเรดของวงจรด้านรับ
4. เปิดสวิทช์ของออสซิลโลสโคปและตั้งช่องที่ใช้วัดไว้ที่ช่อง 1
5. ใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณเอาต์พุตของวงจรส่งสัญญาณอินฟราเรดความถี่ 38 kHz
6. ใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณเอาต์พุตของโมดูลรับสัญญาณอินฟราเรดขณะมีสิ่งกีดขวางและไม่มีสิ่งกีดขวาง

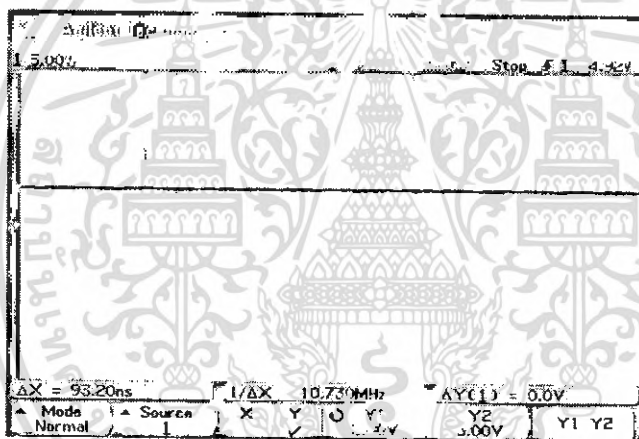
7. สังเกตค่าแรงดันที่อ่านได้จากมิเตอร์และบันทึกผลการทดลอง

4.2.2 ผลการทดลอง

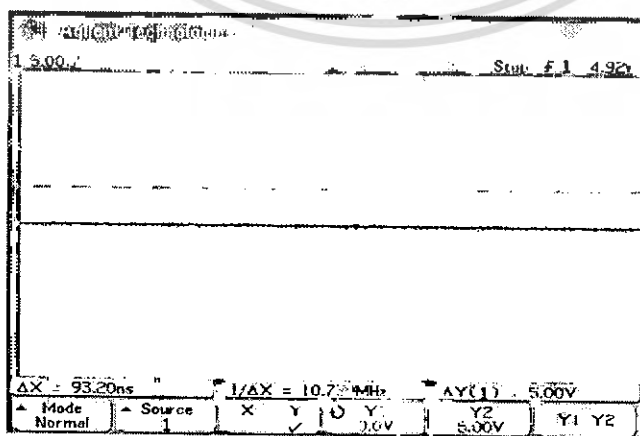
จากการทดลองพบว่าสัญญาณเอาต์พุตของวงจรส่งสัญญาณอินฟราเรดความถี่ 38 kHz มีลักษณะเป็นพัลส์ต่อเนื่องความถี่ 37.879 kHz ส่วนทางด้านเอาต์พุตของโมดูลรับสัญญาณอินฟราเรดความถี่ 38 kHz ซึ่งในขณะไม่มีสิ่งกีดขวางวัดแรงดันได้ 0 โวลต์ (ลอจิก 0) และขณะมีสิ่งกีดขวางวัดแรงดันได้ 5 โวลต์ (ลอจิก 1) ซึ่งสิ่งสำคัญที่ควรคำนึงถึงในการนำไปติดตั้งเพื่อใช้งานคือ ตัวรับและตัวส่งสัญญาณอินฟราเรดจะต้องมีทิศทางที่ตรงกันเพื่อให้การทำงานของวงจรมัลติเทนนิสเกิดความผิดพลาดน้อยที่สุด



รูปที่ 4.1 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรส่งสัญญาณอินฟราเรดความถี่ 38 kHz



รูปที่ 4.2 สัญญาณเอาต์พุตของโมดูลรับสัญญาณอินฟราเรดความถี่ 38 kHz ขณะไม่มีสิ่งกีดขวาง



รูปที่ 4.3 สัญญาณเอาต์พุตของโมดูลรับสัญญาณอินฟราเรดความถี่ 38 kHz ขณะมีสิ่งกีดขวาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดลองการควบคุมมอเตอร์ขับเคลื่อนล้อ

4.3.1 ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ทดลองโดยใช้บอร์ด ET-OPTO DC MOTOR DRIVER 6-24V/5A
2. ทำการโปรแกรมการรับค่าจากปุ่มควบคุมลงในไมโครคอนโทรลเลอร์
3. ต่อแหล่งจ่ายแรงดัน 5 โวลต์และ 24 โวลต์เข้าที่จุดต่อไฟเลี้ยงบนบอร์ด โดยสังเกตที่ LED สีแดงบนบอร์ดจะติดเพื่อให้ทราบว่าอยู่ในสภาวะทำงาน
4. เลือก Jumper มาทางด้าน Manual เพื่อให้สามารถปรับความเร็วของมอเตอร์จากสัญญาณ PWM บนบอร์ดได้
5. ต่อขาเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์เข้าที่จุด DIR1 และ DIR2 ที่ขั้วต่อ 5 PIN เพื่อรับค่าจากสวิตช์ควบคุม
6. กดปุ่มควบคุมตามตารางที่ 4.1 (หากเป็น "0" หมายถึงกด หากเป็น "1" หมายถึงไม่กด)
7. สังเกตลักษณะการหมุนของมอเตอร์ และบันทึกผลการทดลอง

4.3.2 ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการควบคุมมอเตอร์ขับเคลื่อนล้อ

ENA/PWM	DIR1	DIR2	ลักษณะการหมุนของมอเตอร์
0	X	X	ค่อยๆ หยุด
1	0	0	ค่อยๆ หยุด
1	0	1	หมุนตามเข็มนาฬิกา
1	1	0	หมุนทวนเข็มนาฬิกา
1	1	1	หยุดทันที

จากการทดลองพบว่ามอเตอร์จะทำงานเมื่อขา ENA เป็น 1 เท่านั้นแม้ว่าขา DIR1 หรือ DIR2 จะเป็น 0 ก็ตาม โดยเมื่อขา ENA และ DIR2 เป็น 1 จะทำให้มอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา และหากขา ENA และ DIR1 เป็น 1 จะทำให้มอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา สำหรับการทำให้มอเตอร์หยุดหมุนสามารถทำได้โดยให้ขา DIR1 และ DIR2 เป็น 0 หรือ 1 พร้อมกัน โดยถ้าให้เป็น 0 พร้อมกันจะทำให้มอเตอร์ค่อยๆ หยุดหมุน แต่ถ้าให้เป็น 1 พร้อมกันจะทำให้มอเตอร์หยุดหมุนทันที

4.4 การทดลองการนับจำนวนลูกเทนนิส

4.4.1 ลำดับขั้นการทดลอง

1. ตรวจสอบอุปกรณ์ต่างๆ ของหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิสให้พร้อมใช้งาน
2. เตรียมลูกเทนนิสจำนวน 100 ลูกไว้บนพื้นสนาม
3. เปิดสวิตช์ ON/OFF ของหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส
4. ทำการบังคับหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิสให้เก็บลูกเทนนิสทั้งหมดบนพื้นสนาม
5. เปรียบเทียบจำนวนลูกเทนนิสกับค่าที่แสดงบนจอแสดงผล 7 Segments เพื่อหาค่าผิดพลาดจากการนับ และทำการบันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 4.2

4.4.2 ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการนับจำนวนลูกเทนนิส

ครั้งที่ทดลอง	จำนวนลูกเทนนิสที่นับได้	ค่าผิดพลาด (%)
1	96	4
2	104	-4
3	101	-1
4	100	0
5	102	-2
6	104	-4
7	98	2
8	96	4
9	95	5
10	100	0
ค่าเฉลี่ย		2.6%

จากการทดลองการเก็บลูกเทนนิส 100 ลูก ทั้งหมด 10 ครั้งได้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.2 ซึ่งได้ค่าเฉลี่ยของค่าผิดพลาดในการนับจำนวนลูกเทนนิสอยู่ที่ 2.6% ซึ่งสาเหตุของความผิดพลาดเกิดจากการออกแบบช่องสำหรับให้ลูกเทนนิสผ่านที่กว้างเกินไปทำให้เซนเซอร์ตรวจจับไม่ทันขณะลูกตกลงมาพร้อมกัน และหากลูกเทนนิสไหลลงมาเร็วเกินไปยังมีส่วนให้เกิดการนับเกินเพราะลูกเทนนิสไหลผ่านเซนเซอร์ทั้งคู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การทดลองการเก็บลูกเทนนิส

4.5.1 ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ตรวจสอบอุปกรณ์ต่างๆ ของหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิสให้พร้อมใช้งาน
2. เตรียมลูกเทนนิสจำนวน 100 ลูกไว้บนพื้นสนาม
3. เปิดสวิตช์ ON/OFF ของหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส
4. ทำการบังคับหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิสให้เก็บลูกเทนนิสทั้งหมดบนพื้นสนามและจับเวลาที่ใช้ในการเก็บลูกเทนนิส
5. สังเกตค่าเวลาที่ใช้ในการเก็บลูกเทนนิสจำนวน 100 ลูก และบันทึกผลลงในตารางที่ 4.3

4.5.2 ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองการเก็บลูกเทนนิส

ครั้งที่ทดลอง	จำนวนลูกเทนนิสที่เก็บ	เวลาที่ใช้ในการเก็บ (นาที)
1	100	3.09
2	100	3.09
3	100	3.06
4	100	3.12
5	100	3.10
6	100	3.58
7	100	3.38
8	100	3.55
9	100	3.19
10	100	3.52
เวลาเฉลี่ย		3.268

จากการทดลองการเก็บลูกเทนนิส 100 ลูก จำนวน 10 ครั้งได้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.3 ซึ่งค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการเก็บลูกเทนนิสอยู่ที่ 3.268 นาที ซึ่งสาเหตุที่ทำให้ระยะเวลาในการเก็บลูกแต่ละครั้งไม่เท่ากันคือลักษณะการกระจายตัวของลูกเทนนิสบนสนาม โดยถ้าลูกเทนนิสกระจายมากเวลาที่ใช้จะมาก แต่ถ้ามีการกระจายน้อยเวลาที่ใช้จะน้อยตามไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุป

5.1 สรุป

หุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิสที่สร้างขึ้นมามีลักษณะการทำงานโดยใช้การควบคุมด้วยมือโดยผู้ใช้งาน และเมื่อเก็บได้ครบจำนวน 100 ลูกแล้วสามารถนำตะกร้าใส่ลูกเทนนิสใบใหม่มาเปลี่ยนเพื่อนำหุ่นยนต์ไปเก็บลูกเทนนิสในครั้งต่อไปได้ โดยได้ออกแบบให้หุ่นยนต์สามารถแสดงตัวเลขของจำนวนลูกเทนนิสที่เก็บมาได้ทาง 7 Segments 3 หลัก ซึ่งตัวเลขสูงสุดที่แสดงผลคือ 100 เนื่องจากเป็นค่าสูงสุดที่ตะกร้าสามารถบรรจุลูกได้ หุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิสที่สร้างขึ้นมามีขนาดกว้าง 70 เซนติเมตร ยาว 78 เซนติเมตร สูง 56 เซนติเมตร มีน้ำหนักรวมทั้งสิ้น 21.20 กิโลกรัม

จากการทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิสสามารถเคลื่อนที่ไปด้านหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย และเลี้ยวขวาเพื่อเก็บลูกและหลบหลีกสิ่งกีดขวางได้ โดยสิ่งที่ต้องปรับปรุงแก้ไขคือ ควรพัฒนาให้สามารถทำงานแบบอัตโนมัติได้ โดยออกแบบระบบขับเคลื่อนของหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิสให้มีความคล่องตัว และมีความเร็วพอเหมาะกับการทำงานในสนามเทนนิส รวมทั้งการติดตั้งเซนเซอร์เพื่อช่วยตรวจจับสิ่งกีดขวาง

5.2 ปัญหาและวิธีการแก้ไข

จากการดำเนินการสร้างและทดสอบโครงงานปรากฏว่ามีปัญหาเกิดขึ้นหลายประการ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1) การออกแบบโครงสร้างของหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส เนื่องจากได้ใช้อลูมิเนียมขนาดหน้าตัด 2 ซม. เพื่อให้หุ่นยนต์มีน้ำหนักน้อยที่สุดแต่ทำให้โครงสร้างของหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิสไม่แข็งแรงและทำให้เกิดปัญหาต่างๆ ตามมา เช่น การรับแรงดึงและแรงกดที่ไม่เหมาะสม

วิธีการแก้ไข ใช้อลูมิเนียมขนาดหน้าตัด 1 นิ้วซึ่งช่วยให้โครงสร้างมีความแข็งแรงขึ้น อีกทั้งยังช่วยให้ความสามารถในการรับแรงดึงและแรงกดมีเพิ่มขึ้นอีกด้วย

2) เพลากวาด หลังจากใช้ท่อนำพลาสติก (PVC) ทำเป็นเพลากวาดและใช้ยางไนโรจรักรยนต์พันรอบเพลากวาด เพื่อให้เพลากวาดลูกเทนนิสสามารถกวาดลูกเทนนิสได้ดี แต่พบปัญหาคือยางไนโรจรักรยนต์เมื่อนำมาพันรอบเพลากวาดจะทำให้เกิดความไม่สม่ำเสมอขึ้น ทำให้การกวาดลูกเทนนิสเข้ามาไม่สามารถทำได้เท่าที่ควร อีกทั้งยังทำให้เกิดแรงเหวี่ยงขึ้นทำให้ตัวหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิสมีความสั่นสะเทือนตามไปด้วย

วิธีการแก้ไข ใช้เพลากวาดที่ทำซื้อได้ตามบ้านหม้อปลาซึ่งมีขนาดเล็กและสะดวกในการใช้งานกว่า โดยมีลักษณะเป็นลูกยางที่เสียบเรียงเข้าไปตามแนวแกนเหล็กได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) เพลลาฟีด ช่วงแรกได้ใช้แกนอลูมิเนียมต้นทำให้เกิดปัญหาคือ เมื่อขึงสายพานลำเลียงลูกเทนนิสทำให้เกิดแรงดึงระหว่างเพลลาฟีด ทำให้เพลลาฟีดตัวบนรับแรงดึงไม่ไหวจนหักลงมา

วิธีการแก้ไข การทำให้เพลลาฟีดสามารถรับแรงดึงได้ดีนั้นสามารถทำได้โดยนำเหล็กต้นมาทำเป็นแกนเพลลาฟีด โดยที่เหล็กต้นมีความแข็งแรงมากกว่าอะลูมิเนียมต้น ทำให้เพลลาฟีดสามารถรับแรงดึงได้ดี อีกทั้งยังสามารถใช้งานได้ยาวนานกว่าอลูมิเนียมต้นอีกด้วย และส่วนของสายพานลำเลียงลูกเทนนิสได้เปลี่ยนมาใช้ผ้าตีนตุ๊กแกแทนซึ่งช่วยลดแรงดึงที่จะเกิดกับเพลลาฟีดได้มาก

4) มอเตอร์ ในช่วงแรกได้ใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่มีแรงบิดน้อยมาทำเป็นมอเตอร์ขับเพลลากวาด ทำให้เพลลากวาดไม่สามารถหมุนกวาดลูกเข้ามาได้อย่างต่อเนื่อง

วิธีการแก้ไข ใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่มีแรงบิดสูงขึ้น ซึ่งจะทำให้สามารถขับเพลลากวาดได้ดีขึ้นกว่าเดิม

5) ความเร็วของมอเตอร์ล้อยับเคลื่อน มอเตอร์ที่ใช้มีความเร็วสูงเกินไปทำให้ยากต่อการควบคุมการเคลื่อนที่และเก็บลูกเทนนิส

วิธีการแก้ไข ควบคุมความเร็วของมอเตอร์โดยใช้วิธีการ PWM ซึ่งช่วยให้สามารถปรับค่าความเร็วของมอเตอร์ได้

6) ตัวรับอินฟราเรด เนื่องจากแสงต่างๆ ภายนอกสามารถรบกวนการทำงานของหลอดรับแสงอินฟราเรดแบบธรรมดาทำให้เกิดความผิดพลาดในการทำงาน

วิธีการแก้ไข ใช้ตัวรับอินฟราเรดที่มีลักษณะเป็นโมดูล เพราะตัวรับชนิดนี้จะมีการกรองสัญญาณรบกวนที่เกิดจากแสงภายนอก และยังสามารถเลือกรับได้เฉพาะความถี่โดยใช้โมดูลรับสัญญาณ TSOP4838

5.3 แนวทางการพัฒนา

ในการพัฒนาหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิสให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น จำเป็นต้องมีการพัฒนาในส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้

1) การพัฒนาทางด้านระบบการขับเคลื่อนของหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิสที่ควรมีความคล่องตัวและมีความเร็วพอเหมาะกับการเก็บลูกเทนนิสในสนาม รวมทั้งการเลือกล้อขับเคลื่อนให้มีความเหมาะสมกับสภาพของพื้นสนามเทนนิส

2) การพัฒนาในส่วนของการนับจำนวนลูกเทนนิส ที่ควรออกแบบและติดตั้งตัวตรวจจับให้มีความแม่นยำและเกิดข้อผิดพลาดน้อยที่สุด

3) การพัฒนาในส่วนของการควบคุมการทำงาน ควรออกแบบให้หุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิสสามารถทำงานแบบอัตโนมัติได้ ซึ่งสามารถเพิ่มเติมในส่วนของซอฟต์แวร์และอาจนำกล้องสำหรับตรวจจับวัตถุเข้ามาช่วยในการค้นหาลูกเทนนิสบนพื้นสนาม

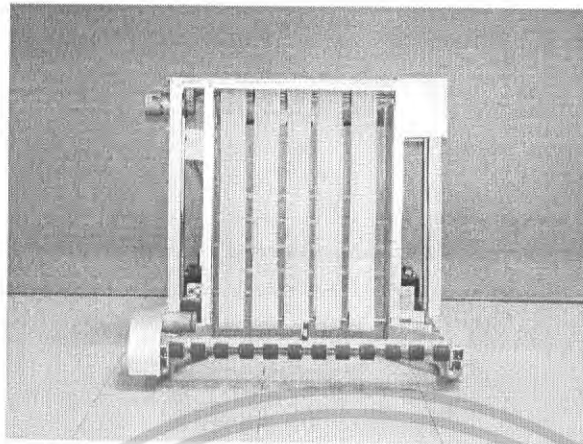
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



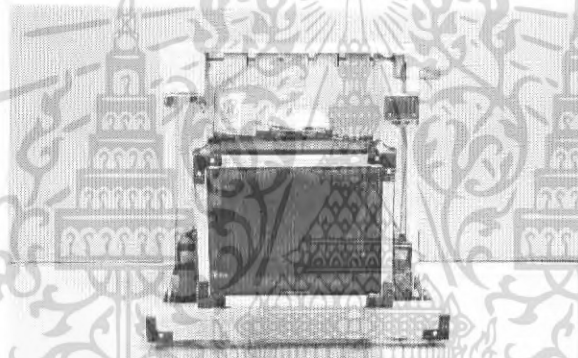
ภาคผนวก ก

เครื่องต้นแบบ

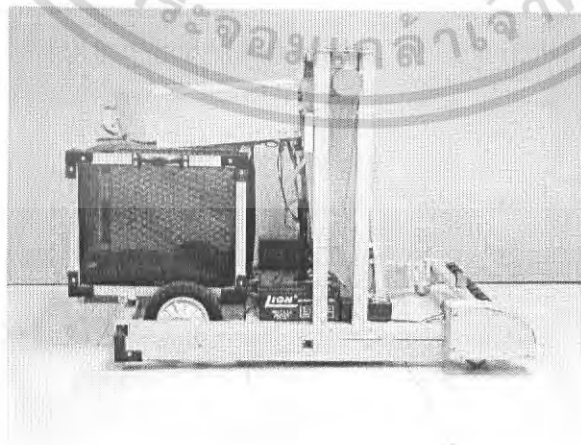
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.1 ด้านหน้าของหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส

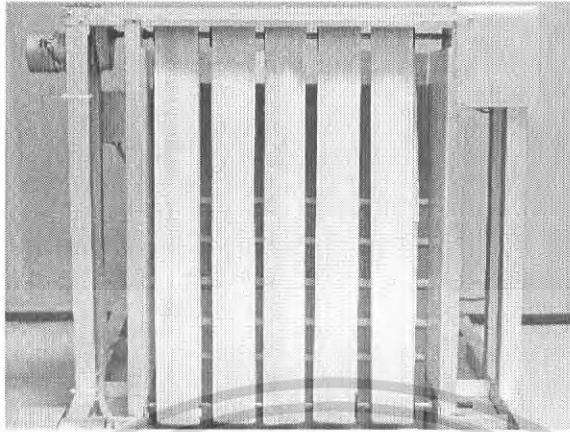


รูปที่ ก.2 ด้านหลังของหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส

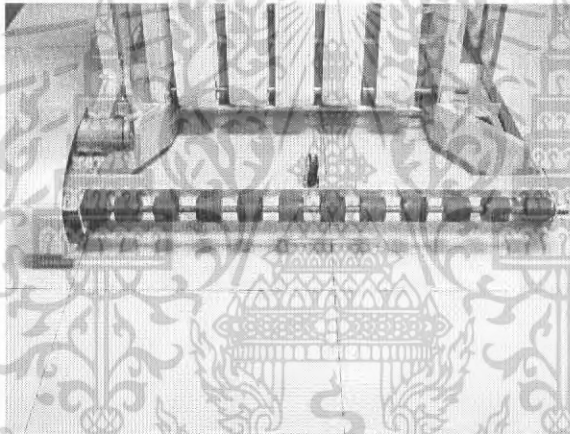


รูปที่ ก.3 ด้านข้างของหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส

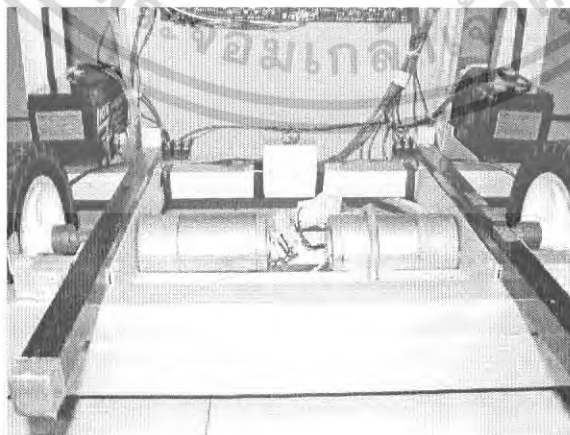
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.4 ลักษณะของสายพานลำเลียงลูกเทนนิส

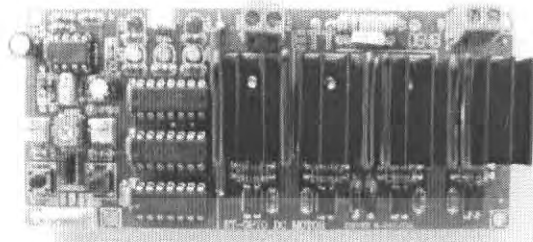


รูปที่ ก.5 ลักษณะของเพลากวาดลูกเทนนิส

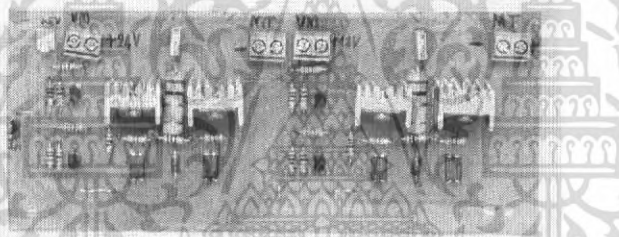


รูปที่ ก.6 ชุดขับเคลื่อนของหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส

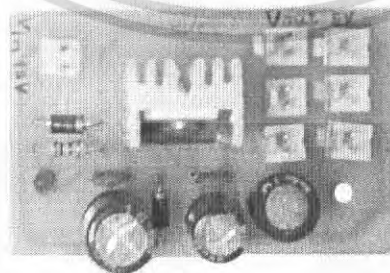
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.7 บอร์ด ET-OPTO DC MOTOR DRIVER 6-24V/5A

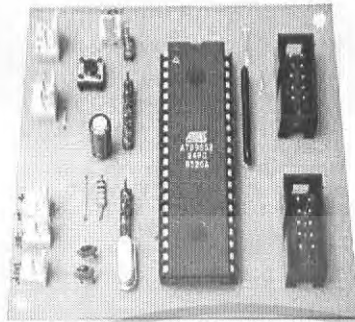


รูปที่ ก.8 วงจรขับมอเตอร์โดยใช้มอสเฟต



รูปที่ ก.9 วงจรควบคุมแรงดันไฟ 5 โวลต์

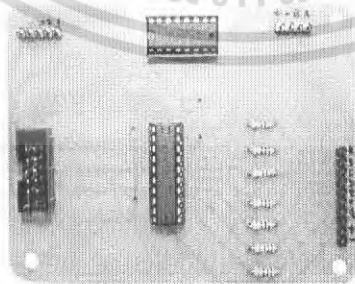
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.10 วงจรคอมพิวเตอร์นับ

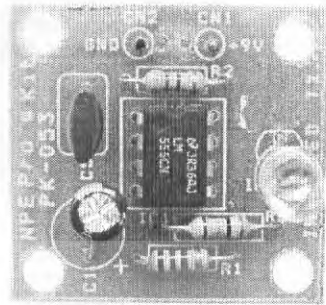


รูปที่ ก.11 จอแสดงผล 7 Segments 3 หลัก



รูปที่ ก.12 วงจรนับจอแสดงผล 7 Segments

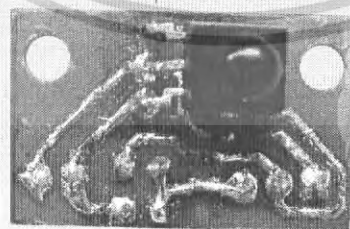
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.13 วงจรส่งอินฟราเรดความถี่ 38 kHz

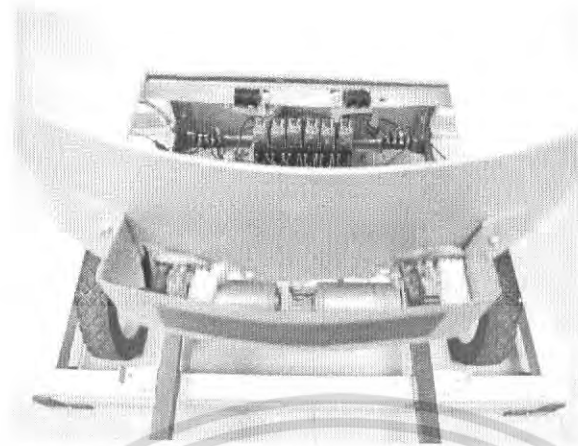


รูปที่ ก.14 วงจรรับอินฟราเรดความถี่ 38 kHz

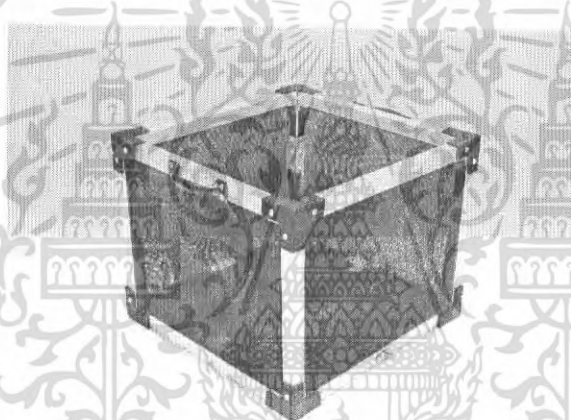


รูปที่ ก.15 การติดตั้งตัวรับอินฟราเรด TSOP4838

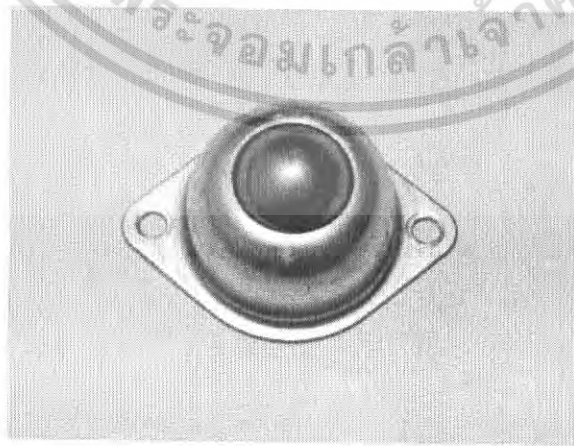
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.16 การติดตั้งวงจรรีบ/ส่งอินฟราเรด



รูปที่ ก.17 ลักษณะของตะกร้าใส่ลูกเทนนิส



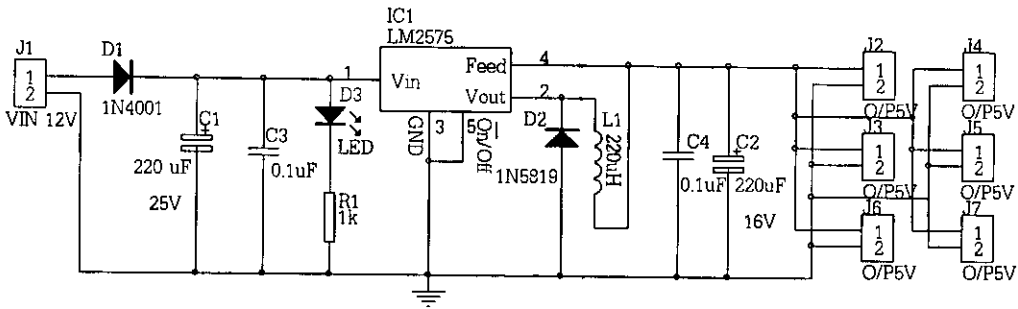
รูปที่ ก.18 ล้ออิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

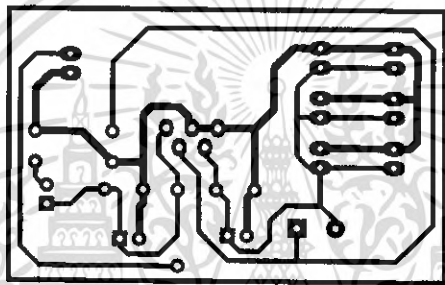


ภาคผนวก ข
วงจรและแผนวงจรพิมพ์

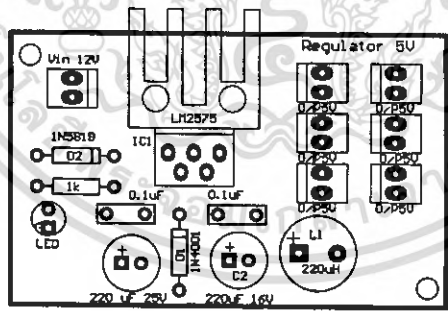
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.1 วงจรควบคุมแรงดันไฟ 5 โวลต์

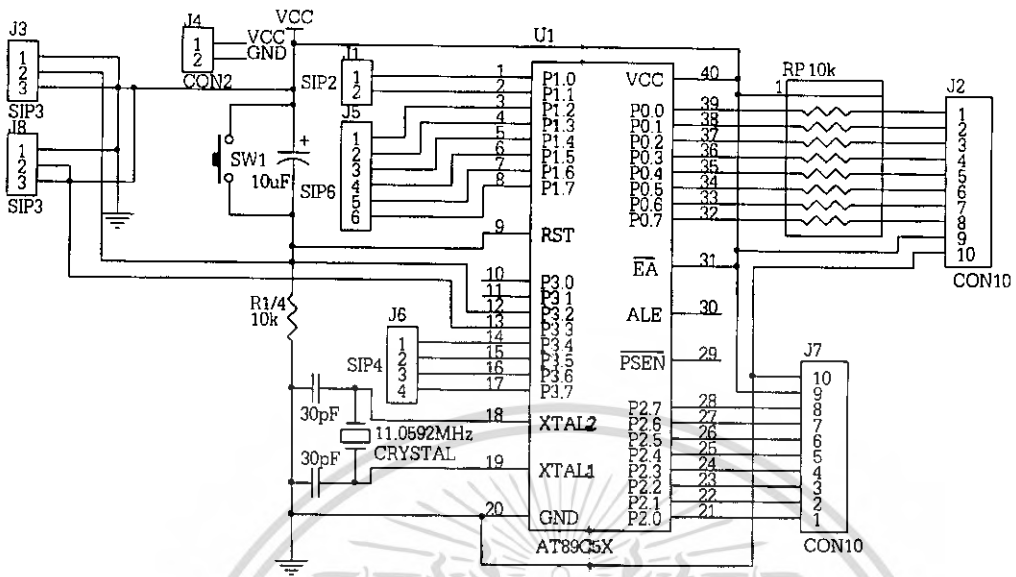


รูปที่ ข.2 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรควบคุมแรงดันไฟ 5 โวลต์

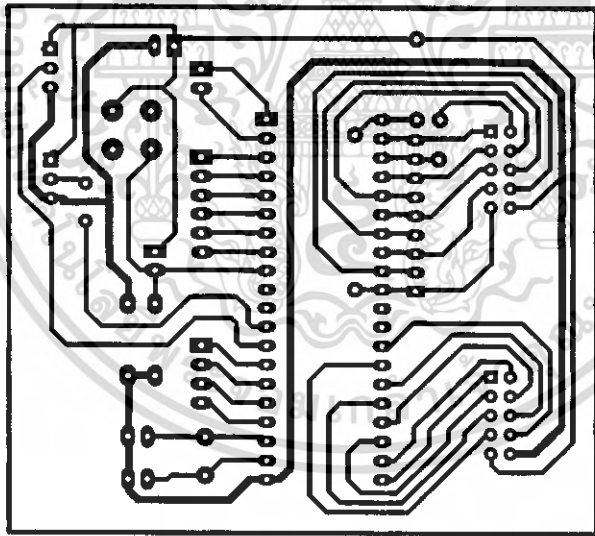


รูปที่ ข.3 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์วงจรควบคุมแรงดันไฟ 5 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

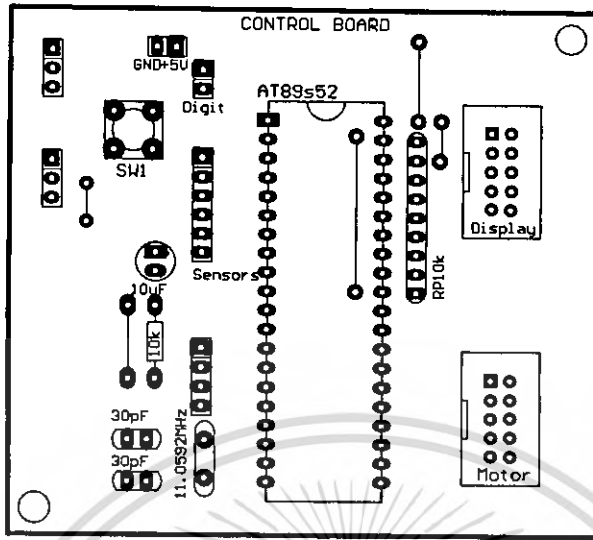


รูปที่ ข.4 วงจรควบคุมการนับ

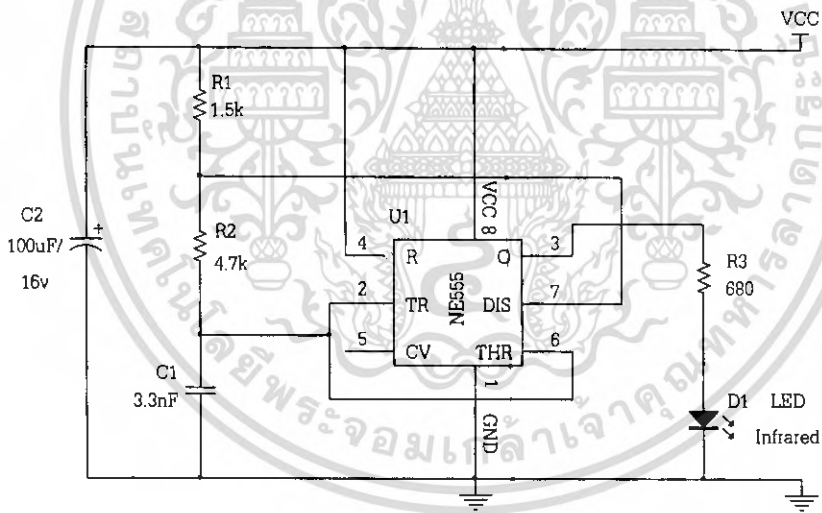


รูปที่ ข.5 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรควบคุมการนับ

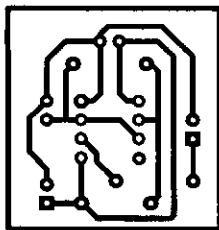
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๒.6 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์วงจรควบคุมการนับ

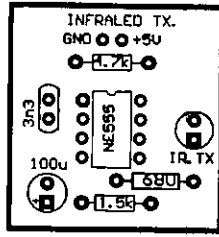


รูปที่ ๒.7 วงจรส่งอินฟราเรด 38 kHz

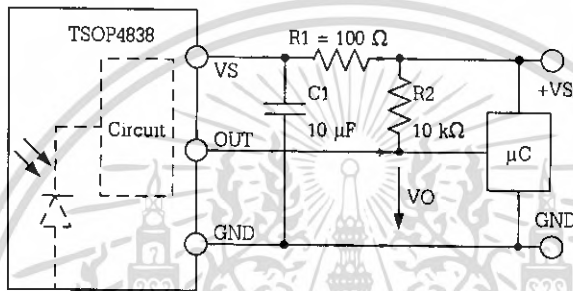


รูปที่ ๒.8 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรส่งอินฟราเรด 38 kHz

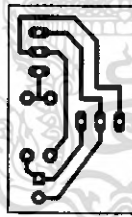
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



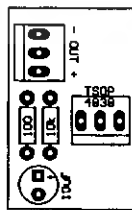
รูปที่ ข.9 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์วงจรส่งอินฟราเรด 38 kHz



รูปที่ ข.10 วงจรรับอินฟราเรด 38 kHz

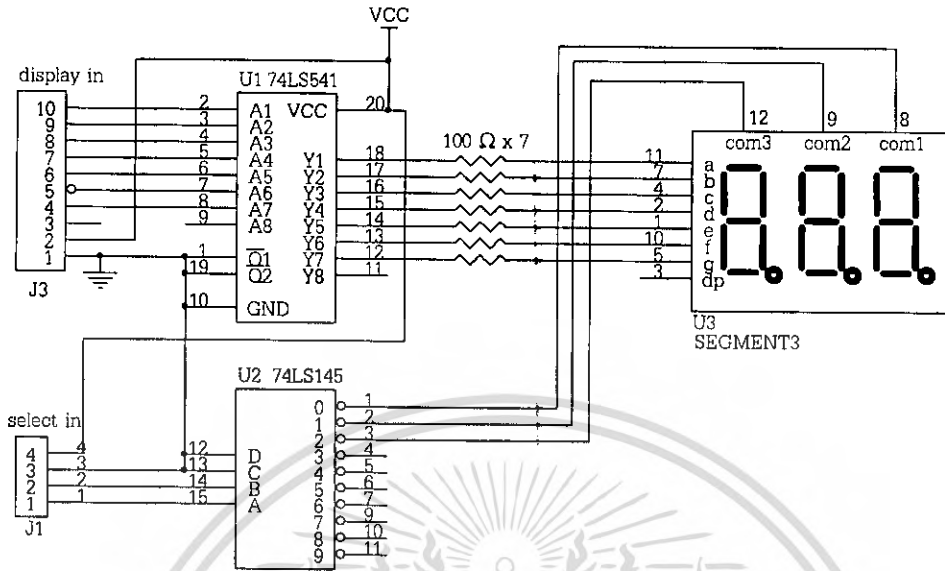


รูปที่ ข.11 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรรับอินฟราเรด 38 kHz

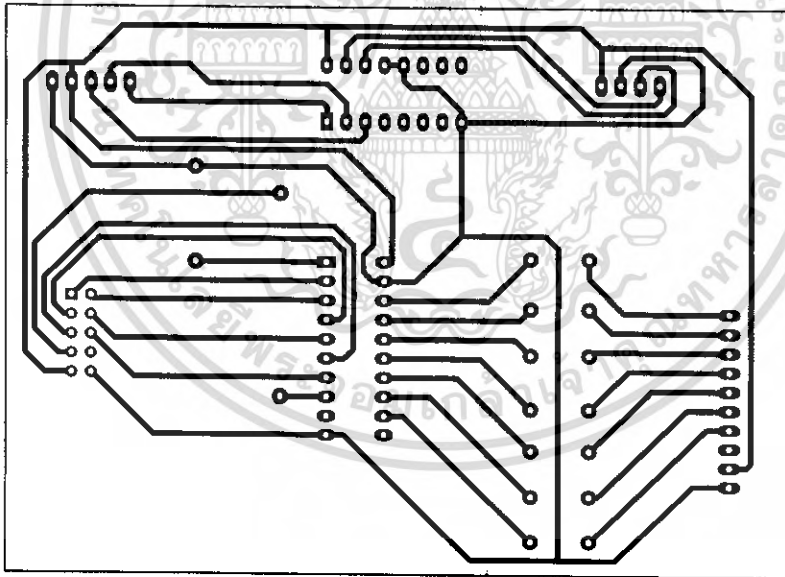


รูปที่ ข.12 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์วงจรรับอินฟราเรด 38 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

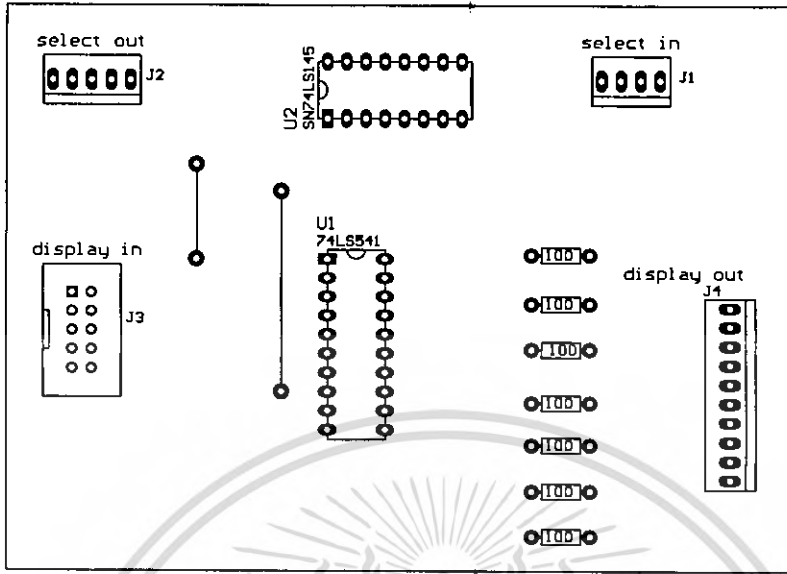


รูปที่ ข.13 วงจรแสดงผลด้วย 7 Segments

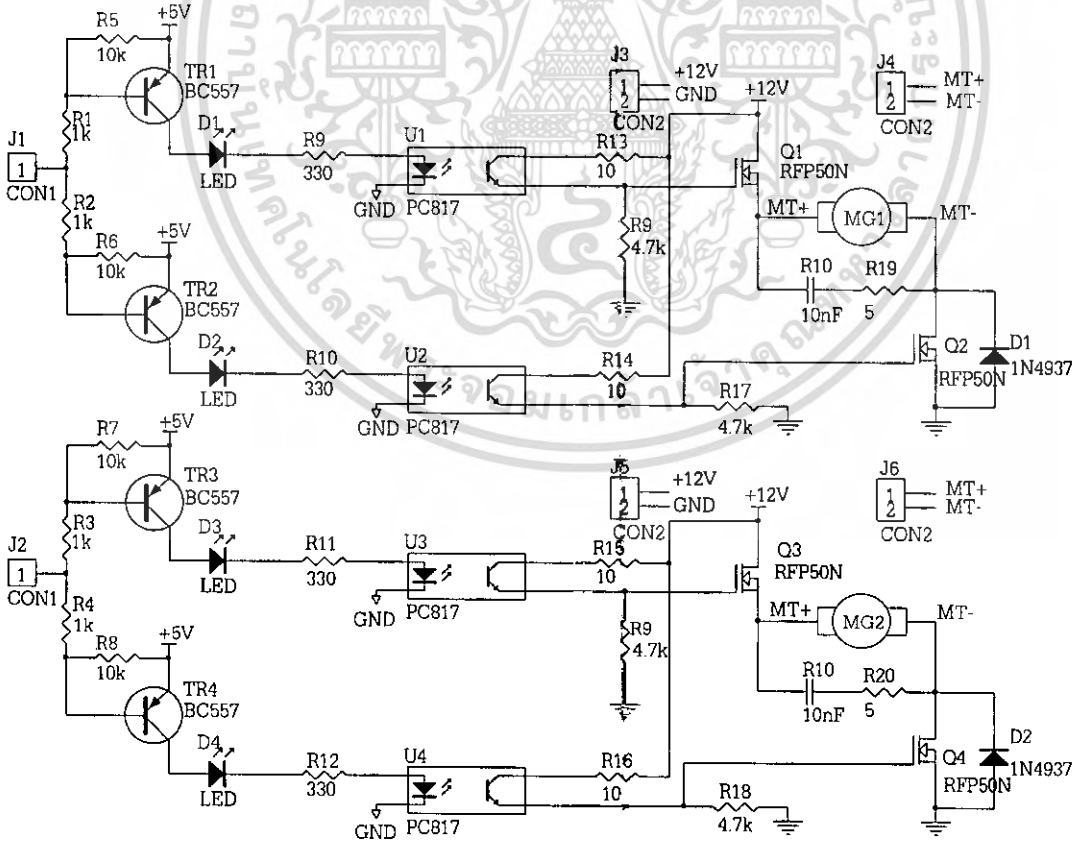


รูปที่ ข.14 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรแสดงผลด้วย 7 Segments

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

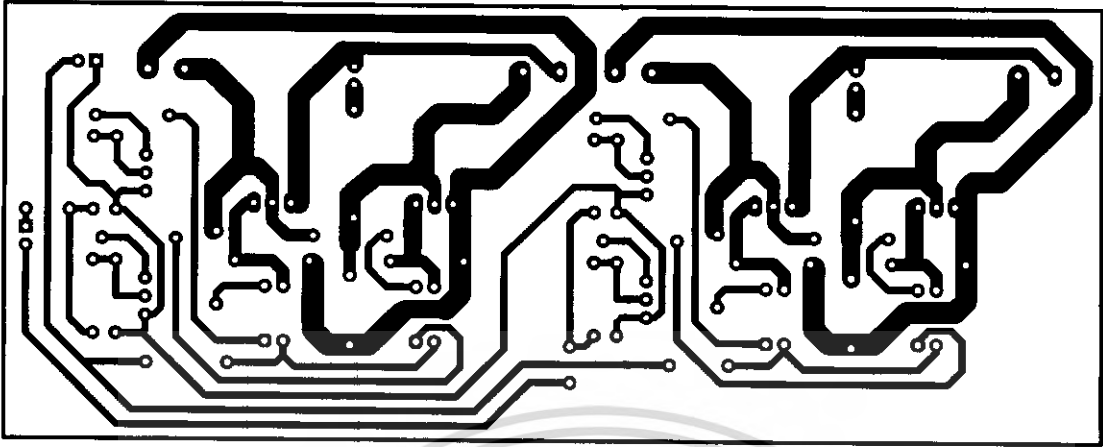


รูปที่ ๒.15 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์วงจรแสดงผลด้วย 7 Segments

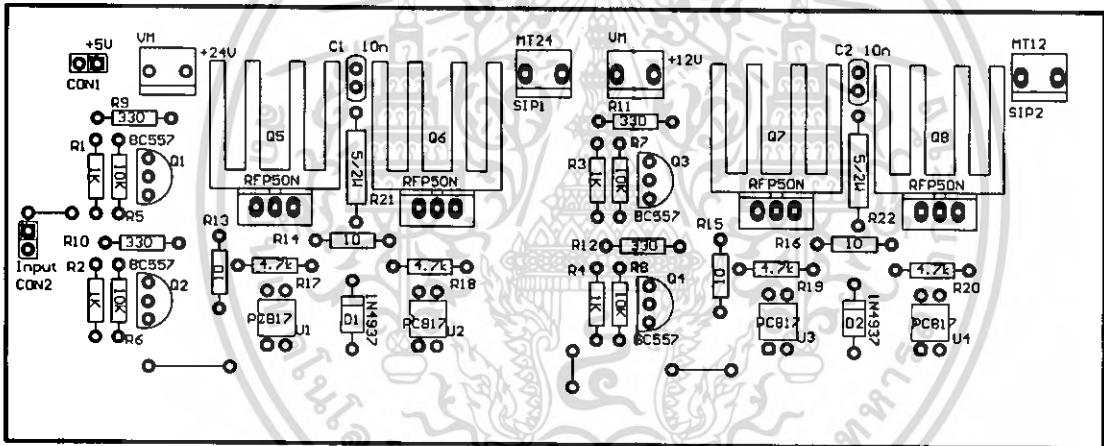


รูปที่ ๒.16 วงจรขับมอเตอร์โดยใช้มอสเฟต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๑.17 วงจรขับมอเตอร์โดยใช้มอสเฟต



รูปที่ ๑.18 วงจรขับมอเตอร์โดยใช้มอสเฟต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ค
รายการอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 รายการอุปกรณ์ของวงจรควบคุมแรงดันไฟ 5 โวลต์

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1	LM2575-5	1 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
D1	1N4001	1 ตัว
D2	1N5819	1 ตัว
D3	LED	1 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R1	1 k Ω	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1	220 μ F 25V	1 ตัว
C2, C3	0.1 μ F	2 ตัว
C4	220 μ F 16V	1 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
J1-J7	Connector 2 ขา	7 ตัว
L1	220 μ H	1 ตัว

ตารางที่ ค.2 รายการอุปกรณ์ของวงจรควบคุมการนับ

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1	AT89s52	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1	10 μ F 16 V	1 ตัว
C2-C3	30 pF	2 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R1	10 k Ω	1 ตัว
RP1	10 k Ω	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรควบคุมการนับ

อุปกรณ์อื่นๆ		
SW1	ไมโครสวิตช์	1 ตัว
CRYSTAL	ความถี่ 11.0592 MHz	1 ตัว
J2, J7	Box Header Connector 10 ขา	2 ตัว
J3, J8	Connector 3 ขา	2 ตัว
J4	Connector 2 ขา	1 ตัว

ตารางที่ ค.3 รายการอุปกรณ์ของวงจรส่งสัญญาณอินฟราเรดความถี่ 38 kHz

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1	NE555	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1	3.3 nF	1 ตัว
C2	100 μ F 16v	1 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R1	1.5 k Ω 1/4 W 5%	1 ตัว
R2	4.7 k Ω 1/4 W 5%	1 ตัว
R3	680 Ω 1/4 W 5%	1 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
D1	Infrared LED	1 ตัว
J1, J2	Connector 2 ขา	2 ตัว

ตารางที่ ค.4 รายการอุปกรณ์ของวงจรรับสัญญาณอินฟราเรดความถี่ 38 kHz

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
ตัวเก็บประจุ		
C1	10 μ F 10 V	1 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R1	100 Ω 1/4 W 5%	1 ตัว
R2	10 k Ω 1/4 W 5%	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.4 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรรับสัญญาณอินฟราเรดความถี่ 38 kHz

อุปกรณ์อื่นๆ		
ตัวรับอินฟราเรด	TSOP4838	1 ตัว
J1	Connector 3 ขา	1 ตัว

ตารางที่ ค.5 รายการอุปกรณ์ของวงจรขับจอแสดงผล 7 Segments

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1	74LS145	1 ตัว
IC2	74LS541	1 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R1-R7	100 Ω 1/4 W 5%	7 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
D1	7 Segments 3 หลีก	1 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
J1	Connector 2 ขา	1 ตัว
J2	Connector 4 ขา	1 ตัว
J3	Box Header Connector 10 ขา	1 ตัว
J4	Connector 7 ขา	1 ตัว

ตารางที่ ค.6 รายการอุปกรณ์ของวงจรขับมอเตอร์โดยใช้มอสเฟต

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1-IC4	PC817	4 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
Q1-Q4	BC557	4 ตัว
Q5-Q8	RFP50N	4 ตัว
D1-D2	1N4937	2 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1-C2	10nF	2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.6 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรขับมอเตอร์โดยใช้มอสเฟต

ตัวความต้านทาน		
R1-R4	1k Ω 1/4 W 5%	4 ตัว
R5-R8	10 k Ω 1/4 W 5%	4 ตัว
R9-R12	330 Ω 1/4 W 5%	4 ตัว
R13-R16	10 Ω 1/4 W 5%	4 ตัว
R17-R20	4.7 k Ω 1/4 W 5%	4 ตัว
R21-R22	5 Ω 2W 5%	4 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
J1-J3	Connector 2 ขา	3 ตัว
J4-J5	Connector ต่อสายไฟ 2 ขั้ว	2 ตัว

ตารางที่ ค.7 รายการอุปกรณ์ส่วนโครงสร้างของหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
โครงสร้างหุ่นยนต์		
อลูมิเนียม	อลูมิเนียมกล่องสี่เหลี่ยม อลูมิเนียมฉาก อลูมิเนียมแผ่น	2 ชุด
ล้อ	ล้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว	2 ล้อ
	ล้ออิสระ	2 ล้อ
ลูกยาง	ลูกยางสำหรับเสียบเข้ากับแกนเพลาควาต	12 ลูก
ผ้าตีนตุ๊กแก	ขนาดหน้ากว้าง 1 นิ้ว	1 ม้วน
เทลิกเส้น	ขนาดหน้าตัด 0.8 ซม.	1 เส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ง
รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM2575

1.0 A, Adjustable Output Voltage, Step-Down Switching Regulator

The LM2575 series of regulators are monolithic integrated circuits ideally suited for easy and convenient design of a step-down switching regulator (buck converter). All circuits of this series are capable of driving a 1.0 A load with excellent line and load regulation. These devices are available in fixed output voltages of 3.3 V, 5.0 V, 12 V, 15 V, and an adjustable output version.

These regulators were designed to minimize the number of external components to simplify the power supply design. Standard series of inductors optimized for use with the LM2575 are offered by several different inductor manufacturers.

Since the LM2575 converter is a switch-mode power supply, its efficiency is significantly higher in comparison with popular three-terminal linear regulators, especially with higher input voltages. In many cases, the power dissipated by the LM2575 regulator is so low, that no heatsink is required or its size could be reduced dramatically.

The LM2575 features include a guaranteed $\pm 4\%$ tolerance on output voltage within specified input voltages and output load conditions, and $\pm 10\%$ on the oscillator frequency ($\pm 2\%$ over 0°C to 125°C). External shutdown is included, featuring $80\ \mu\text{A}$ typical standby current. The output switch includes cycle-by-cycle current limiting, as well as thermal shutdown for full protection under fault conditions.

Features

- 3.3 V, 5.0 V, 12 V, 15 V, and Adjustable Output Versions
- Adjustable Version Output Voltage Range of 1.23 V to 37 V $\pm 4\%$ Maximum Over Line and Load Conditions
- Guaranteed 1.0 A Output Current
- Wide Input Voltage Range: 4.75 V to 40 V
- Requires Only 4 External Components
- 52 kHz Fixed Frequency Internal Oscillator
- TTL Shutdown Capability, Low Power Standby Mode
- High Efficiency
- Uses Readily Available Standard Inductors
- Thermal Shutdown and Current Limit Protection
- Moisture Sensitivity Level (MSL) Equals 1
- Pb-Free Packages are Available*

Applications

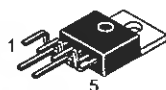
- Simple and High-Efficiency Step-Down (Buck) Regulators
- Efficient Pre-Regulator for Linear Regulators
- On-Card Switching Regulators
- Positive to Negative Converters (Buck-Boost)
- Negative Step-Up Converters
- Power Supply for Battery Chargers

*For additional information on our Pb-Free strategy and soldering details, please download the ON Semiconductor Soldering and Mounting Techniques Reference Manual, SOLDERRM/D.



ON Semiconductor®

<http://onsemi.com>



TO-220
TV SUFFIX
CASE 314B

Heatsink surface connected to Pin 3



TO-220
T SUFFIX
CASE 314D

Pin 1. V_{in}
2. Output
3. Ground
4. Feedback
5. ON/OFF



D²PAK
D2T SUFFIX
CASE 936A

Heatsink surface (shown as terminal 6 in case outline drawing) is connected to Pin 3

ORDERING INFORMATION

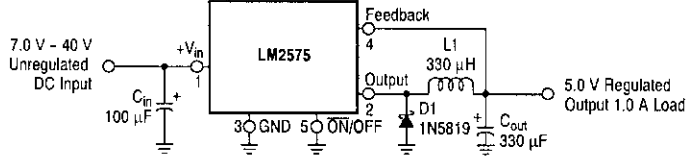
See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 24 of this data sheet.

DEVICE MARKING INFORMATION

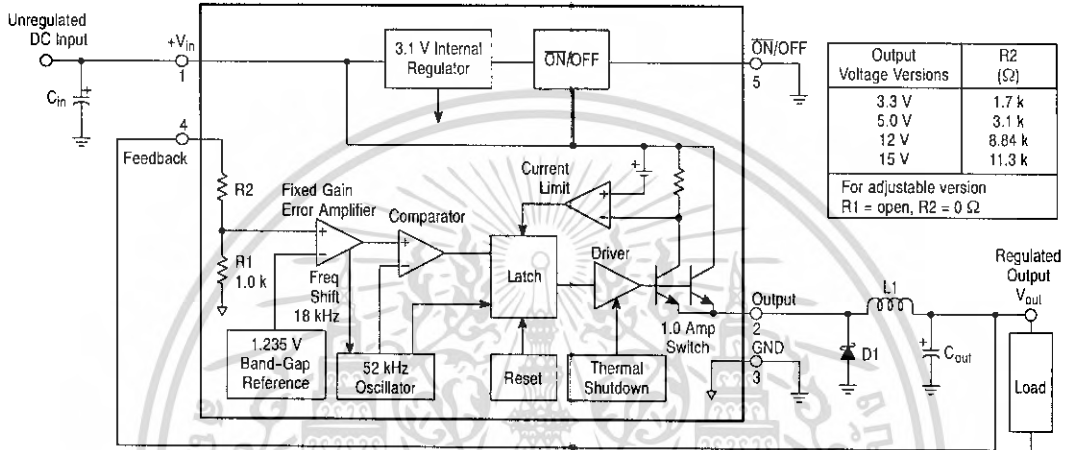
See general marking information in the device marking section on page 25 of this data sheet.

LM2575

Typical Application (Fixed Output Voltage Versions)



Representative Block Diagram and Typical Application



This device contains 162 active transistors.

Figure 1. Block Diagram and Typical Application

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur.)

Rating	Symbol	Value	Unit
Maximum Supply Voltage	V_{in}	45	V
ON/OFF Pin Input Voltage	-	$-0.3\text{ V} \leq V \leq +V_{in}$	V
Output Voltage to Ground (Steady-State)	-	-1.0	V
Power Dissipation			
Case 314B and 314D (TO-220, 5-Lead)	P_D	Internally Limited	W
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient	$R_{\theta JA}$	65	°C/W
Thermal Resistance, Junction-to-Case	$R_{\theta JC}$	5.0	°C/W
Case 936A (D ² PAK)	P_D	Internally Limited	W
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient (Figure 34)	$R_{\theta JA}$	70	°C/W
Thermal Resistance, Junction-to-Case	$R_{\theta JC}$	5.0	°C/W
Storage Temperature Range	T_{stg}	-65 to +150	°C
Minimum ESD Rating (Human Body Model: C = 100 pF, R = 1.5 kΩ)	-	3.0	kV
Lead Temperature (Soldering, 10 s)	-	260	°C
Maximum Junction Temperature	T_J	150	°C

Maximum ratings are those values beyond which device damage can occur. Maximum ratings applied to the device are individual stress limit values (not normal operating conditions) and are not valid simultaneously. If these limits are exceeded, device functional operation is not implied, damage may occur and reliability may be affected.

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR®

RFG50N06, RFP50N06, RF1S50N06SM

Data Sheet

January 2002

50A, 60V, 0.022 Ohm, N-Channel Power MOSFETs

These N-Channel power MOSFETs are manufactured using the MegaFET process. This process, which uses feature sizes approaching those of LSI integrated circuits gives optimum utilization of silicon, resulting in outstanding performance. They were designed for use in applications such as switching regulators, switching converters, motor drivers, and relay drivers. These transistors can be operated directly from integrated circuits.

Formerly developmental type TA49018.

Ordering Information

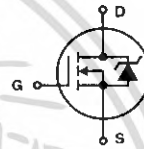
PART NUMBER	PACKAGE	BRAND
RFG50N06	TO-247	RFG50N06
RFP50N06	TO-220AB	RFP50N06
RF1S50N06SM	TO-263AB	F1S50N06

NOTE: When ordering, use the entire part number. Add the suffix, 9A, to obtain the TO-263AB variant in tape and reel, i.e. RF1S50N06SM9A.

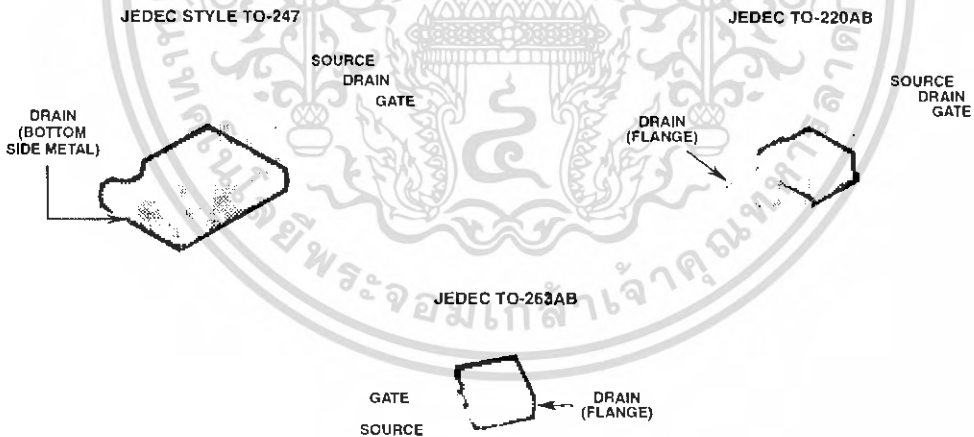
Features

- 50A, 60V
- $r_{DS(ON)} = 0.022\Omega$
- Temperature Compensating PSPICE® Model
- Peak Current vs Pulse Width Curve
- UIS Rating Curve
- 175°C Operating Temperature

Symbol



Packaging



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RFG50N06, RFP50N06, RF1S50N06SM

Absolute Maximum Ratings $T_C = 25^\circ\text{C}$, Unless Otherwise Specified

	RFG50N06, RFP50N06 RF1S50N06SM	UNITS	
Drain to Source Voltage (Note 1)	V_{DSS}	60	V
Drain to Gate Voltage ($R_{GS} = 20k\Omega$) (Note 1)	V_{DGR}	60	V
Gate to Source Voltage	V_{GS}	± 20	V
Continuous Drain Current (Figure 2)	I_D	50	A
Pulsed Drain Current	I_{DM}	(Figure 5)	
Pulsed Avalanche Rating	E_{AS}	(Figure 6)	
Power Dissipation	P_D	131	W
Linear Derating Factor		0.877	W/ $^\circ\text{C}$
Operating and Storage Temperature	T_J, T_{STG}	-55 to 175	$^\circ\text{C}$
Maximum Temperature for Soldering			
Leads at 0.063in (1.6mm) from Case for 10s	T_L	300	$^\circ\text{C}$
Package Body for 10s, see Techbrief 334	T_{pkg}	260	$^\circ\text{C}$

CAUTION: Stresses above those listed in "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress only rating and operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied.

NOTE:

1. $T_J = 25^\circ\text{C}$ to 150°C .

Electrical Specifications $T_C = 25^\circ\text{C}$, Unless Otherwise Specified

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Drain to Source Breakdown Voltage	BV_{DSS}	$I_D = 250\mu\text{A}, V_{GS} = 0\text{V}$ (Figure 11)	60	-	-	V
Gate to Source Threshold Voltage	$V_{GS(TH)}$	$V_{GS} = V_{DS}, I_D = 250\mu\text{A}$ (Figure 10)	2	-	4	V
Zero Gate Voltage Drain Current	I_{DSS}	$V_{DS} = 60\text{V}, V_{GS} = 0\text{V}$	-	-	1	μA
		$T_C = 25^\circ\text{C}$	-	-	50	μA
		$T_C = 150^\circ\text{C}$	-	-	50	μA
Gate to Source Leakage Current	I_{GSS}	$V_{GS} = \pm 20\text{V}$	-	-	± 100	nA
Drain to Source On Resistance	$r_{DS(ON)}$	$I_D = 50\text{A}, V_{GS} = 10\text{V}$ (Figures 9)	-	-	0.022	Ω
Turn-On Time	t_{ON}	$V_{DD} = 30\text{V}, I_D = 50\text{A}$	-	-	95	ns
Turn-On Delay Time	$t_{d(ON)}$	$R_L = 0.6\Omega, V_{GS} = 10\text{V}$	-	12	-	ns
		$R_{GS} = 3.6\Omega$	-	55	-	ns
Rise Time	t_r	(Figure 13)	-	55	-	ns
Turn-Off Delay Time	$t_{d(OFF)}$		-	37	-	ns
Fall Time	t_f		-	13	-	ns
Turn-Off Time	t_{OFF}		-	-	75	ns
Total Gate Charge	$Q_g(TOT)$	$V_{GS} = 0$ to 20V	-	125	150	nC
		$V_{DD} = 48\text{V}, I_D = 50\text{A}, R_L = 0.96\Omega$	-	67	80	nC
Gate Charge at 10V	$Q_g(10)$	$V_{GS} = 0$ to 10V	-	67	80	nC
Threshold Gate Charge	$Q_g(TH)$	$V_{GS} = 0$ to 2V	-	3.7	4.5	nC
		$I_g(REF) = 1.45\text{mA}$ (Figure 13)	-	3.7	4.5	nC
Input Capacitance	C_{ISS}	$V_{DS} = 25\text{V}, V_{GS} = 0\text{V}$	-	2020	-	pF
Output Capacitance	C_{OSS}	$f = 1\text{MHz}$	-	600	-	pF
Reverse Transfer Capacitance	C_{RSS}	(Figure 12)	-	200	-	pF
Thermal Resistance Junction to Case	$R_{\theta JC}$	(Figure 3)	-	-	1.14	$^\circ\text{C/W}$
Thermal Resistance Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	TO-247	-	-	30	$^\circ\text{C/W}$
		TO-220, TO-263	-	-	62	$^\circ\text{C/W}$

Source to Drain Diode Specifications

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Source to Drain Diode Voltage	V_{SD}	$I_{SD} = 50\text{A}$	-	-	1.5	V
Reverse Recovery Time	t_{rr}	$I_{SD} = 50\text{A}, di_S/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$	-	-	125	ns

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



TSOP48..

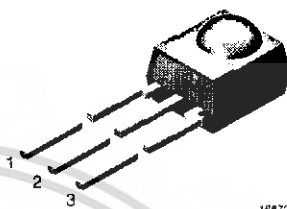
Vishay Semiconductors

IR Receiver Modules for Remote Control Systems

Description

The TSOP48.. - series are miniaturized receivers for infrared remote control systems. PIN diode and preamplifier are assembled on lead frame, the epoxy package is designed as IR filter.

The demodulated output signal can directly be decoded by a microprocessor. TSOP48.. is the standard IR remote control receiver series, supporting all major transmission codes.



16872

Features

- Photo detector and preamplifier in one package
- Internal filter for PCM frequency
- Improved shielding against electrical field disturbance
- TTL and CMOS compatibility
- Output active low
- Low power consumption



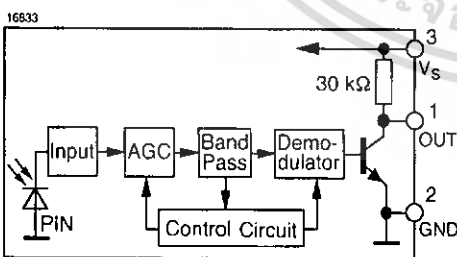
Special Features

- Improved immunity against ambient light
- Suitable burst length ≥ 10 cycles/burst

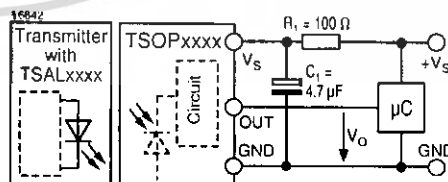
Parts Table

Part	Carrier Frequency
TSOP4830	30 kHz
TSOP4833	33 kHz
TSOP4836	36 kHz
TSOP4837	36.7 kHz
TSOP4838	38 kHz
TSOP4840	40 kHz
TSOP4856	56 kHz

Block Diagram



Application Circuit



$R_1 + C_1$ recommended to suppress power supply disturbances.

The output voltage should not be held continuously at a voltage below $V_o = 3.3$ V by the external circuit.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TSOP48..



Vishay Semiconductors

Absolute Maximum Ratings

Absolute Maximum Ratings

$T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, unless otherwise specified

Parameter	Test condition	Symbol	Value	Unit
Supply Voltage	(Pin 3)	V_S	- 0.3 to + 6.0	V
Supply Current	(Pin 3)	I_S	5	mA
Output Voltage	(Pin 1)	V_O	- 0.3 to + 6.0	V
Output Current	(Pin 1)	I_O	5	mA
Junction Temperature		T_J	100	$^{\circ}\text{C}$
Storage Temperature Range		T_{sig}	- 25 to + 85	$^{\circ}\text{C}$
Operating Temperature Range		T_{amb}	- 25 to + 85	$^{\circ}\text{C}$
Power Consumption	($T_{amb} \leq 85\text{ }^{\circ}\text{C}$)	P_{tot}	50	mW
Soldering Temperature	$t \leq 10\text{ s}$, 1 mm from case	T_{sd}	260	$^{\circ}\text{C}$

Electrical and Optical Characteristics

$T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, unless otherwise specified

Parameter	Test condition	Symbol	Min	Typ.	Max	Unit
Supply Current (Pin 3)	$V_S = 5\text{ V}$, $E_v = 0$	I_{SD}	0.8	1.2	1.5	mA
	$V_S = 5\text{ V}$, $E_v = 40\text{ klx}$, sunlight	I_{SH}		1.5		mA
Supply Voltage		V_S	4.5		5.5	V
Transmission Distance	$E_v = 0$, test signal see fig.1, IR diode TSAL6200, $I_F = 250\text{ mA}$	d		35		m
Output Voltage Low (Pin 1)	$I_{OSL} = 0.5\text{ mA}$, $E_o = 0.7\text{ mW/m}^2$, test signal see fig. 1	V_{OSL}			250	mV
Minimum Irradiance (56 kHz)	Pulse width tolerance: $t_{pi} \cdot 5/f_o < t_{po} < t_{pi} + 6/f_o$, test signal see fig.1	$E_{\bullet min}$		0.3	0.5	mW/m^2
Minimum Irradiance (30 - 40 kHz)	Pulse width tolerance: $t_{pi} \cdot 5/f_o < t_{po} < t_{pi} + 6/f_o$, test signal see fig.1	$E_{\bullet min}$		0.2	0.4	mW/m^2
Maximum Irradiance	$t_{pi} \cdot 5/f_o < t_{po} < t_{pi} + 6/f_o$, test signal see fig. 1	$E_{a max}$	30			W/m^2
Directivity	Angle of half transmission distance	$\Phi_{1/2}$		± 45		deg



Typical Characteristics (Tamb = 25 °C unless otherwise specified)

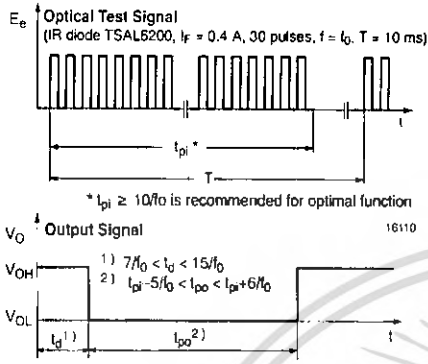


Figure 1. Output Function

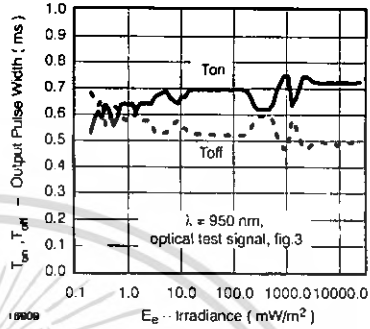


Figure 4. Output Pulse Diagram

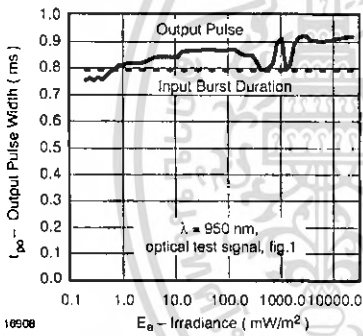


Figure 2. Pulse Length and Sensitivity in Dark Ambient

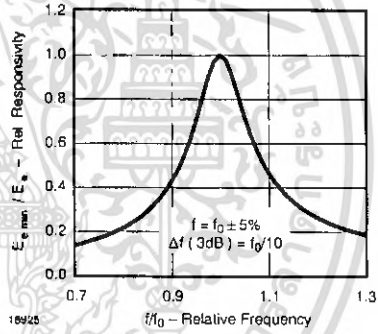


Figure 5. Frequency Dependence of Responsivity

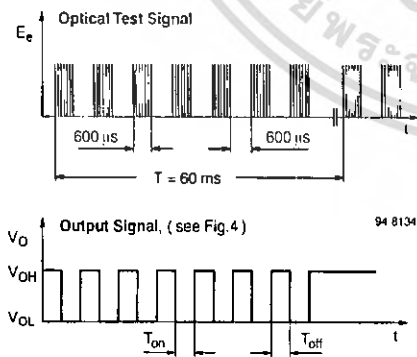


Figure 3. Output Function

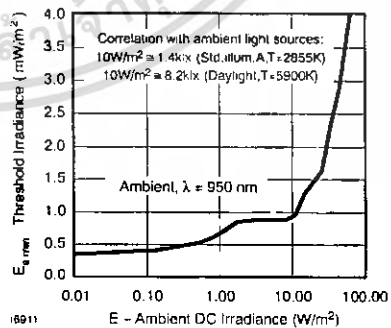


Figure 6. Sensitivity in Bright Ambient

TSOP48..

Vishay Semiconductors

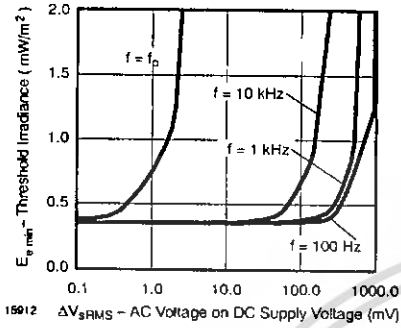


Figure 7. Sensitivity vs. Supply Voltage Disturbances

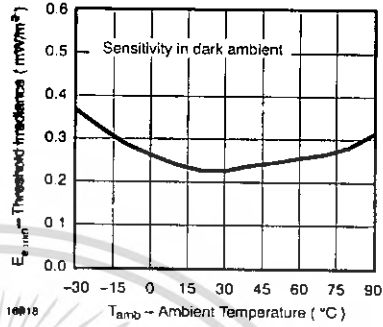


Figure 10. Sensitivity vs. Ambient Temperature

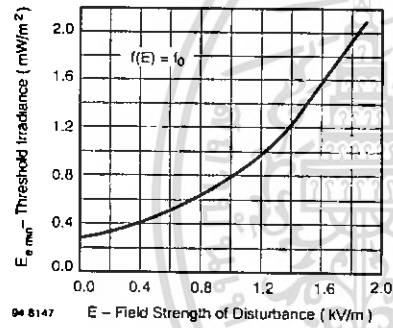


Figure 8. Sensitivity vs. Electric Field Disturbances

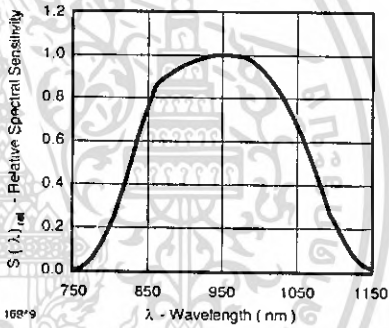


Figure 11. Relative Spectral Sensitivity vs. Wavelength

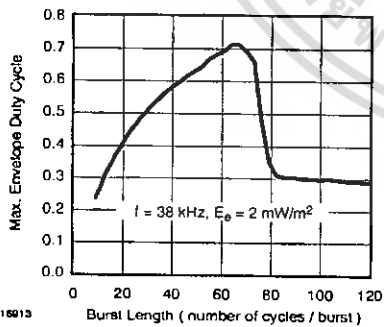


Figure 9. Max. Envelope Duty Cycle vs. Burstlength

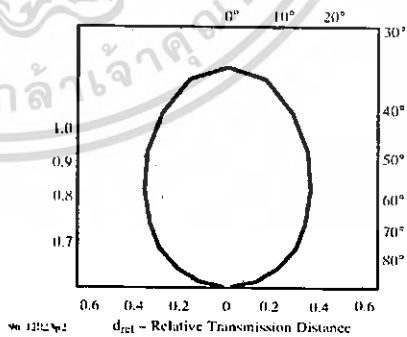


Figure 12. Directivity

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Suitable Data Format

The circuit of the TSOP48.. is designed in that way that unexpected output pulses due to noise or disturbance signals are avoided. A bandpass filter, an integrator stage and an automatic gain control are used to suppress such disturbances.

The distinguishing mark between data signal and disturbance signal are carrier frequency, burst length and duty cycle.

The data signal should fulfill the following conditions:

- Carrier frequency should be close to center frequency of the bandpass (e.g. 38 kHz).
- Burst length should be 10 cycles/burst or longer.
- After each burst which is between 10 cycles and 70 cycles a gap time of at least 14 cycles is necessary.
- For each burst which is longer than 1.8 ms a corresponding gap time is necessary at some time in the data stream. This gap time should be at least 4 times longer than the burst.
- Up to 800 short bursts per second can be received continuously.

Some examples for suitable data format are: NEC Code (repetitive pulse), NEC Code (repetitive data), Toshiba Micom Format, Sharp Code, RC5 Code, RC6 Code, R-2000 Code, Sony Code.

When a disturbance signal is applied to the TSOP48.. it can still receive the data signal. However the sensitivity is reduced to that level that no unexpected pulses will occur.

Some examples for such disturbance signals which are suppressed by the TSOP48.. are:

- DC light (e.g. from tungsten bulb or sunlight)
- Continuous signal at 38 kHz or at any other frequency
- Signals from fluorescent lamps with electronic ballast with high or low modulation (see Figure 13 or Figure 14).

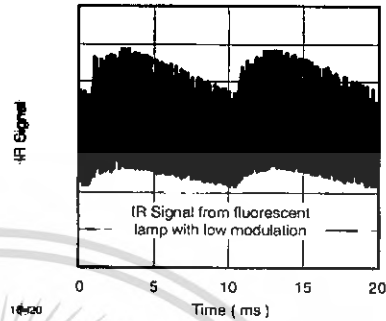


Figure 13. IR Signal from Fluorescent Lamp with low Modulation

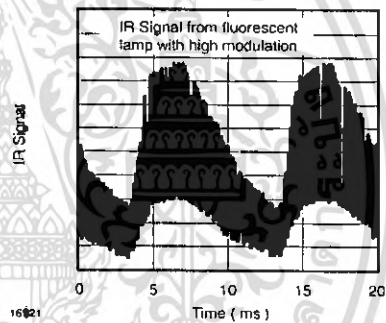


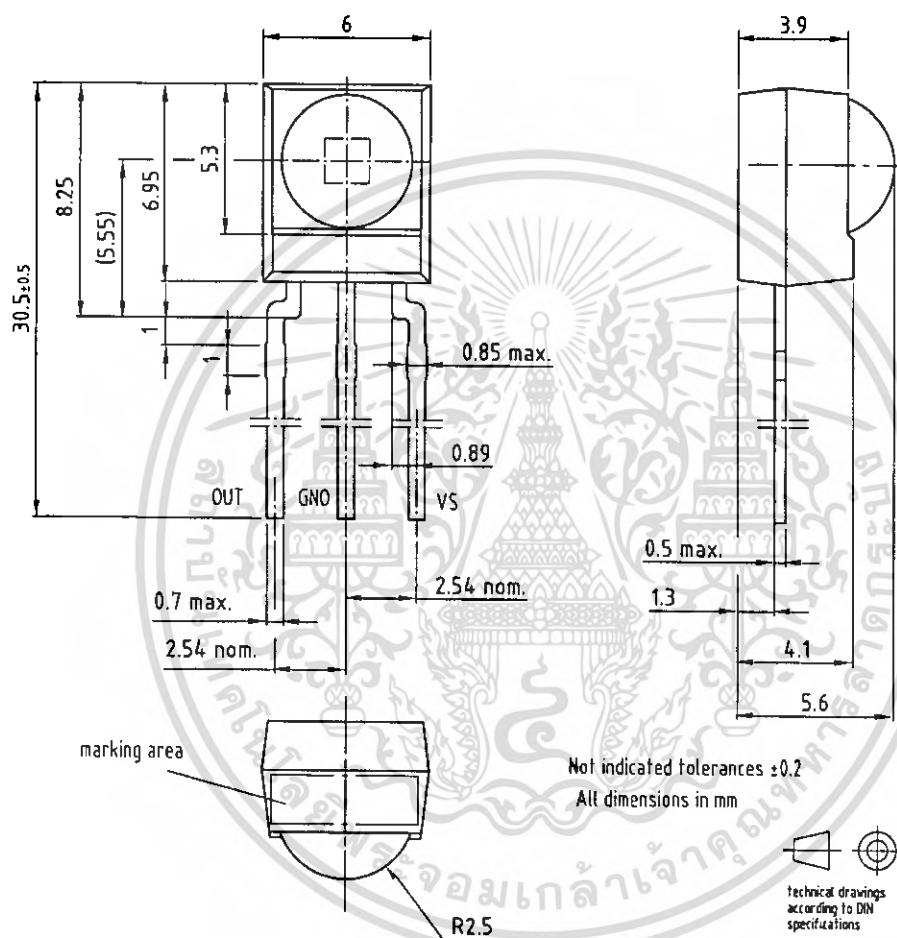
Figure 14. IR Signal from Fluorescent Lamp with high Modulation

TSOP48..

Vishay Semiconductors



Package Dimensions in mm



Drawing-No.: 6.550-5169,11-4

Issue: 10; 08.06.04

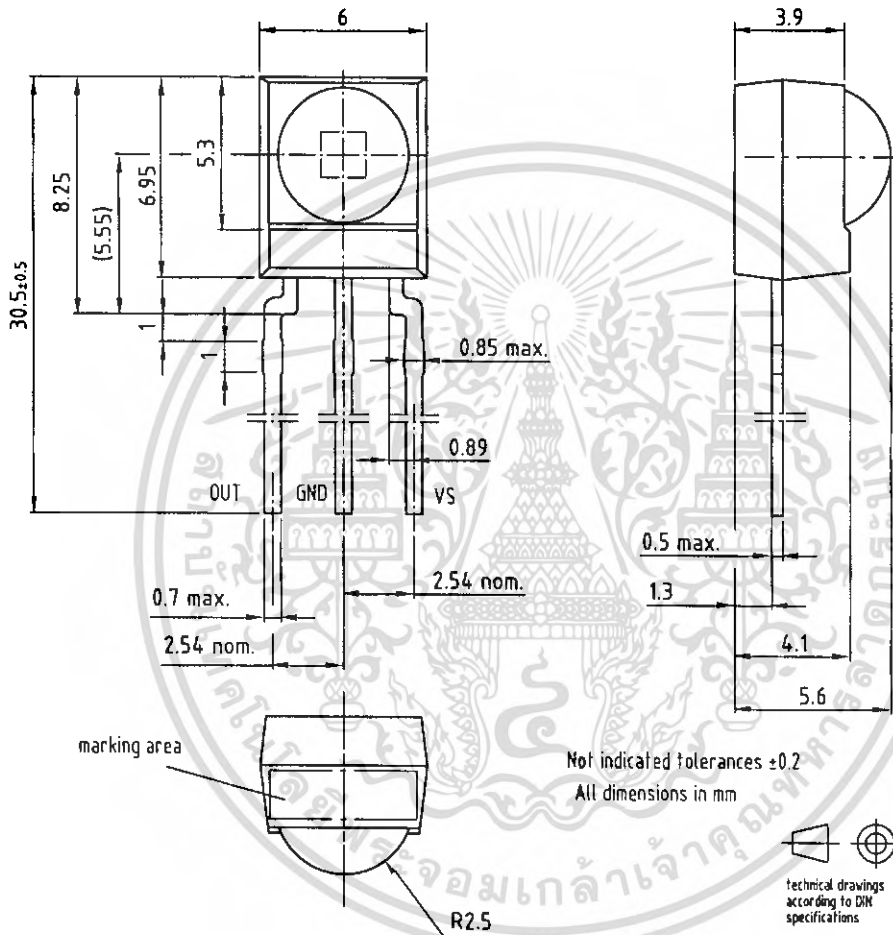
18003

TSOP48..

Vishay Semiconductors



Package Dimensions in mm



Drawing-No.: 6.550-5169.11-4

Issue: 10; 08.06.04

18003

SN54145, SN54LS145, SN74145, SN74LS145
BCD-TO-DECIMAL DECODERS/DRIVERS

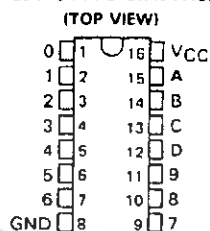
SDLS051

MARCH 1974 - REVISED MARCH 1988

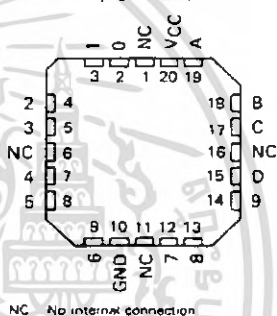
FOR USE AS LAMP, RELAY, OR MOS DRIVERS

- Full Decoding of Input Logic
- SN54145, SN74145, and SN74LS145 Have 80-mA Sink-Current Capability
- All Outputs Are Off for Invalid BCD Input Conditions
- Low Power Dissipation of 'LS145 . . . 35 mW Typical

SN54145, SN54LS145 . . . J OR W PACKAGE
 SN74145 . . . N PACKAGE
 SN74LS145 . . . D OR N PACKAGE



SN54LS145 . . . FK PACKAGE
 (TOP VIEW)



FUNCTION TABLE

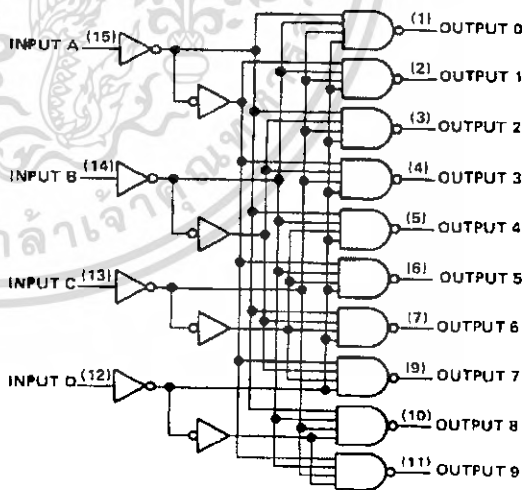
NO.	INPUTS				OUTPUTS										
	D	C	B	A	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
0	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
1	L	L	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
2	L	L	H	L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H
3	L	L	H	H	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H
4	L	H	L	L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H
5	L	H	L	H	L	H	H	L	H	H	L	H	H	H	H
6	L	H	H	L	L	H	H	L	H	H	L	H	H	H	H
7	L	H	H	H	L	H	H	L	H	H	L	H	H	H	H
8	H	L	L	L	L	H	H	L	H	H	L	H	H	L	H
9	H	L	L	H	L	H	H	L	H	H	L	H	H	L	L
INVALID	H	L	H	L	L	H	H	L	H	H	L	H	H	L	H
	H	L	H	H	L	H	H	L	H	H	L	H	H	L	H
	H	L	L	L	L	H	H	L	H	H	L	H	H	L	H
	H	L	L	H	L	H	H	L	H	H	L	H	H	L	H
	H	H	L	L	L	L	H	H	L	H	H	L	H	H	L

H = high level (off), L = low level (on)

logic diagram

description

These monolithic BCD-to-decimal decoder/drivers consist of eight inverters and ten four-input NAND gates. The inverters are connected in pairs to make BCD input data available for decoding by the NAND gates. Full decoding of valid BCD input logic ensures that all outputs remain off for all invalid binary input conditions. These decoders feature high-performance, n-p-n output transistors designed for use as indicator/relay drivers or as open-collector logic-circuit drivers. Each of the high-breakdown output transistors (15 volts) of the SN54145, SN74145, or SN74LS145 will sink up to 80 milliamperes of current. Each input is one Series 54/74 or Series 54LS/74LS standard load, respectively. Inputs and outputs are entirely compatible for use with TTL or DTL logic circuits, and the outputs are compatible for interfacing with most MOS integrated circuits. Power dissipation is typically 215 milliwatts for the '145 and 35 milliwatts for the 'LS145.



Pin numbers shown are for D, J, N, and W packages.

PRODUCTION DATA documents contain information current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

TEXAS INSTRUMENTS

POST OFFICE BOX 555612 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN54LS145, SN74LS145
BCD-TO-DECIMAL DECODERS/DRIVERS

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

Supply voltage, V_{CC} (see Note 1)	7 V
Input voltage	5.5 V
Maximum current into any output (off-state)	1 mA
Operating free-air temperature range: SN54145	-55°C to 125°C
SN74145	0°C to 70°C
Storage temperature range	-65°C to 150°C

NOTE 1: Voltage values are with respect to network ground terminal.

recommended operating conditions

	SN54145			SN74145			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V_{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
Off-state output voltage, $V_{O(off)}$	15			15			V
Operating free-air temperature, T_A	-55	125		0	70		°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS†	MIN	TYP‡	MAX	UNIT
V_{IH} High-level input voltage		2			V
V_{IL} Low-level input voltage				0.8	V
V_{IK} Input clamp voltage	$V_{CC} = \text{MIN.}$ $I_I = -12 \text{ mA}$			-1.5	V
$I_{O(off)}$ Off-state output current	$V_{CC} = \text{MIN.}$ $V_{IH} = 2 \text{ V.}$ $V_{IL} = 0.8 \text{ V.}$ $V_{O(off)} = 15 \text{ V}$			250	μA
$V_{O(on)}$ On-state output voltage	$V_{CC} = \text{MIN.}$ $V_{IH} = 2 \text{ V.}$ $V_{IL} = 0.8 \text{ V.}$ $I_{O(on)} = 80 \text{ mA}$ $I_{O(on)} = 20 \text{ mA}$		0.5	0.9	V
I_I Input current at maximum input voltage	$V_{CC} = \text{MAX.}$ $V_I = 5.5 \text{ V}$			1	mA
I_{IH} High-level input current	$V_{CC} = \text{MAX.}$ $V_I = 2.4 \text{ V}$			40	μA
I_{IL} Low-level input current	$V_{CC} = \text{MAX.}$ $V_I = 0.4 \text{ V}$			-1.6	mA
I_{CC} Supply current	$V_{CC} = \text{MAX.}$ See Note 2	SN54145	43	62	mA
		SN74145	43	70	

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.
‡ All typical values are at $V_{CC} = 5 \text{ V.}$ $T_A = 25^\circ\text{C.}$

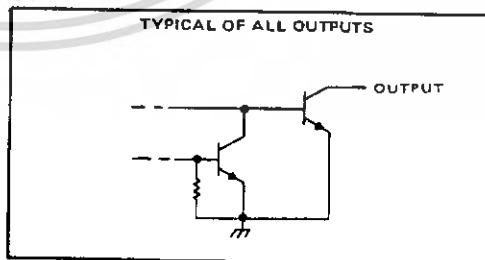
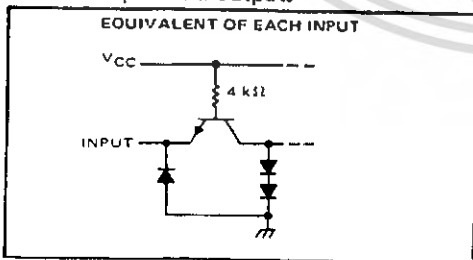
NOTE 2: I_{CC} is measured with all inputs grounded and outputs open.

switching characteristics, $V_{CC} = 5 \text{ V.}$ $T_A = 25^\circ\text{C}$

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	MAX	UNIT
t_{PLH} Propagation delay time, low-to-high-level output	$C_L = 15 \text{ pF.}$ $R_L = 100 \Omega.$ See Note 3		50	ns
t_{PHL} Propagation delay time, high-to-low-level output			50	ns

NOTE 3: Load circuits and voltage waveforms are shown in Section 1.

schematics of inputs and outputs



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN54145, SN74145
BCD-TO-DECIMAL DECODERS/DRIVERS

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

Supply voltage, V_{CC} (see Note 1)	7 V
Input voltage	7 V
Operating free-air temperature range: SN54LS145	-55°C to 125°C
SN74LS145	0°C to 70°C
Storage temperature range	-65°C to 150°C

NOTE 1: Voltage values are with respect to network ground terminal.

recommended operating conditions

	SN54LS145			SN74LS145			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V_{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
Off-state output voltage, $V_{O(off)}$	15			15			V
Operating free-air temperature, T_A	-55	125		0	70		°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS†	SN54LS145			SN74LS145			UNIT
		MIN	TYP‡	MAX	MIN	TYP‡	MAX	
V_{IH} High-level input voltage		2			2			V
V_{IL} Low-level input voltage		0.7			0.8			V
V_{IK} Input clamp voltage	$V_{CC} = \text{MIN.}$, $I_I = -18 \text{ mA}$	-1.5			-1.5			V
$I_{O(off)}$ Off-state output current	$V_{CC} = \text{MIN.}$, $V_{IH} = 2 \text{ V.}$ $V_{IL} = V_{IL \text{ max.}}$, $V_{OH} = 15 \text{ V}$	250			250			μA
$V_{O(on)}$ On-state output voltage	$V_{CC} = \text{MIN.}$, $I_{OL} = 12 \text{ mA}$ $V_{IH} = 2 \text{ V.}$, $I_{OL} = 24 \text{ mA}$ $V_{IL} = V_{IL \text{ max.}}$, $I_{OL} = 80 \text{ mA}$	0.25	0.4		0.25	0.4	V	
I_I Input current at maximum input voltage	$V_{CC} = \text{MAX.}$, $V_I = 7 \text{ V}$	0.1			0.1			mA
I_{IH} High-level input current	$V_{CC} = \text{MAX.}$, $V_I = 2.7 \text{ V}$	20			20			μA
I_{IL} Low-level input current	$V_{CC} = \text{MAX.}$, $V_I = 0.4 \text{ V}$	-0.4			-0.4			mA
I_{CC} Supply current	$V_{CC} = \text{MAX.}$, See Note 2	7	13		7	13	mA	

†For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.
‡All typical values are at $V_{CC} = 5 \text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$.

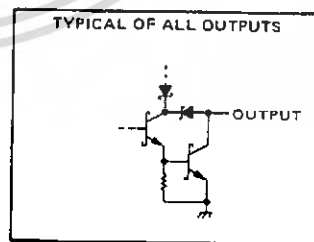
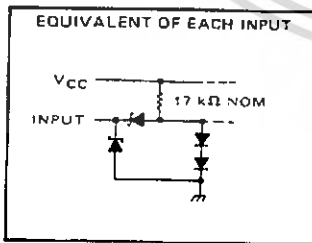
NOTE 2: I_{CC} is measured with all inputs grounded and outputs open

switching characteristics, $V_{CC} = 5 \text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	MAX	UNIT	
t_{PLH} Propagation delay time, low-to-high-level output	$C_L = 45 \text{ pF}$, $R_L = 665 \Omega$, See Note 3			50	ns
t_{PHL} Propagation delay time, high-to-low-level output				50	ns

NOTE 3: Load circuits and voltage waveforms are shown in Section 1.

schematic of inputs and outputs



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOTOROLA
SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

Octal 3-State Non-Inverting Buffer/Line Driver/Line Receiver
High-Performance Silicon-Gate CMOS

The MC54/74HC541A is identical in pinout to the LS541. The device inputs are compatible with Standard CMOS outputs. External pullup resistors make them compatible with LSTTL outputs.

The HC541A is an octal non-inverting buffer/line driver/line receiver designed to be used with 3-state memory address drivers, clock drivers, and other bus-oriented systems. This device features inputs and outputs on opposite sides of the package and two ANDed active-low output enables.

The HC541A is similar in function to the HC540A, which has inverting outputs.

- Output Drive Capability: 15 LSTTL Loads
- Outputs Directly Interface to CMOS, NMOS and TTL
- Operating Voltage Range: 2 to 6V
- Low Input Current: 1µA
- High Noise Immunity Characteristic of CMOS Devices
- In Compliance With the JEDEC Standard No. 7A Requirements
- Chip Complexity: 134 FETs or 33.5 Equivalent Gates

MC54/74HC541A



J SUFFIX
CERAMIC PACKAGE
CASE 732-03



N SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 738-03

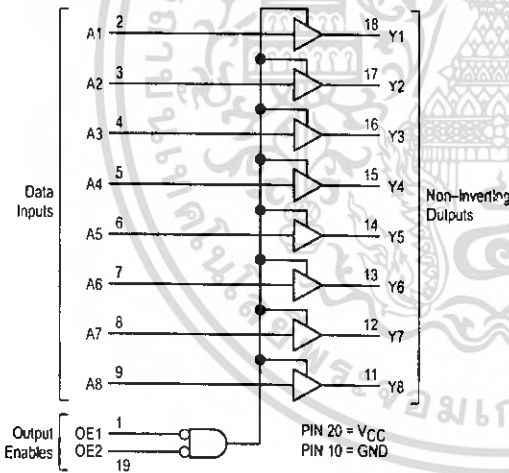


DW SUFFIX
SOIC PACKAGE
CASE 751D-04

ORDERING INFORMATION

MC54HCXXXAJ	Ceramic
MC74HCXXXAN	Plastic
MC74HCXXXADW	SOIC

LOGIC DIAGRAM

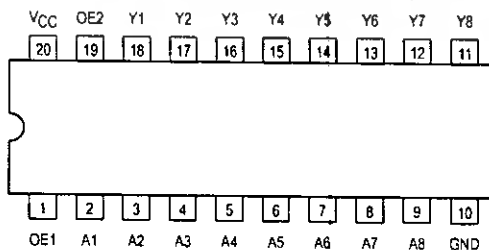


FUNCTION TABLE

Inputs			Output Y
OE1	OE2	A	
L	L	L	L
L	L	H	H
H	X	X	Z
X	H	X	Z

Z = High Impedance
X = Don't Care

Pinout: 20-Lead Packages (Top View)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC54/74HC541A

MAXIMUM RATINGS*

Symbol	Parameter	Value	Unit
V _{CC}	DC Supply Voltage (Referenced to GND)	- 0.5 to + 7.0	V
V _{in}	DC Input Voltage (Referenced to GND)	- 0.5 to V _{CC} + 0.5	V
V _{out}	DC Output Voltage (Referenced to GND)	- 0.5 to V _{CC} + 0.5	V
I _{in}	DC Input Current, per Pin	± 20	mA
I _{out}	DC Output Current, per Pin	± 35	mA
I _{CC}	DC Supply Current, V _{CC} and GND Pins	± 75	mA
P _D	Power Dissipation in Still Air, Plastic or Ceramic DIP† SOIC Package†	750 500	mW
T _{stg}	Storage Temperature Range	- 65 to + 150	°C
T _L	Lead Temperature, 1 mm from Case for 10 Seconds Plastic DIP or SOIC Package Ceramic DIP)	260 300	°C

This device contains protection circuitry to guard against damage due to high static voltages or electric fields. However, precautions must be taken to avoid applications of any voltage higher than maximum rated voltages to this high-impedance circuit. For proper operation, V_{in} and V_{out} should be constrained to the range GND ≤ (V_{in} or V_{out}) ≤ V_{CC}. Unused inputs must always be tied to an appropriate logic voltage level (e.g., either GND or V_{CC}). Unused outputs must be left open.

* Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur.

Functional operation should be restricted to the Recommended Operating Conditions.

† Derating — Plastic DIP: - 10 mW/°C from 65° to 125°C

Ceramic DIP: - 10 mW/°C from 100° to 125°C

SOIC Package: - 7 mW/°C from 65° to 125°C

For high frequency or heavy load considerations, see Chapter 2 of the Motorola High-Speed CMOS Data Book (DL129/D).

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

Symbol	Parameter	Min	Max	Unit	
V _{CC}	DC Supply Voltage (Referenced to GND)	2.0	6.0	V	
V _{in} , V _{out}	DC Input Voltage, Output Voltage (Referenced to GND)	0	V _{CC}	V	
T _A	Operating Temperature Range, All Package Types	- 55	+ 125	°C	
t _r , t _f	Input Rise/Fall Time (Figure 1)	V _{CC} = 2.0 V V _{CC} = 4.5 V V _{CC} = 6.0 V	0 0 0	1000 500 400	ns

DC CHARACTERISTICS (Voltages Referenced to GND)

Symbol	Parameter	Condition	V _{CC} V	Guaranteed Limit			Unit
				-55 to 25°C	≤85°C	≤125°C	
V _{IH}	Minimum High-Level Input Voltage	V _{out} = 0.1V I _{out} ≤ 20μA	2.0	1.50	1.50	1.50	V
			3.0	2.10	2.10	2.10	
			4.5	3.15	3.15	3.15	
			6.0	4.20	4.20	4.20	
V _{IL}	Maximum Low-Level Input Voltage	V _{out} = V _{CC} - 0.1V I _{out} ≤ 20μA	2.0	0.50	0.50	0.50	V
			3.0	0.90	0.90	0.90	
			4.5	1.35	1.35	1.35	
			6.0	1.80	1.80	1.80	
V _{OH}	Minimum High-Level Output Voltage	V _{in} = V _{IL} I _{out} ≤ 20μA	2.0	1.9	1.9	1.9	V
			4.5	4.4	4.4	4.4	
			6.0	5.9	5.9	5.9	
		V _{in} = V _{IL} I _{out} ≤ 3.6mA I _{out} ≤ 6.0mA I _{out} ≤ 7.8mA	3.0	2.48	2.34	2.20	
			4.5	3.98	3.84	3.70	
			6.0	5.48	5.34	5.20	
V _{OL}	Maximum Low-Level Output Voltage	V _{in} = V _{IH} I _{out} ≤ 20μA	2.0	0.1	0.1	0.1	V
			4.5	0.1	0.1	0.1	
			6.0	0.1	0.1	0.1	
		V _{in} = V _{IH} I _{out} ≤ 3.6mA I _{out} ≤ 6.0mA I _{out} ≤ 7.8mA	3.0	0.26	0.33	0.40	
			4.5	0.26	0.33	0.40	
			6.0	0.26	0.33	0.40	

DC CHARACTERISTICS (Voltages Referenced to GND)

Symbol	Parameter	Condition	V _{CC} V	Guaranteed Limit			Unit
				-55 to 25°C	≤85°C	≤125°C	
I _{in}	Maximum Input Leakage Current	V _{in} = V _{CC} or GND	6.0	±0.1	±1.0	±1.0	μA
I _{OZ}	Maximum Three-State Leakage Current	Output in High Impedance State V _{in} = V _{IL} or V _{IH} V _{out} = V _{CC} or GND	6.0	±0.5	±5.0	±10.0	μA
I _{CC}	Maximum Quiescent Supply Current (per Package)	V _{in} = V _{CC} or GND I _{out} = 0μA	6.0	4	40	160	μA

NOTE: Information on typical parametric values can be found in Chapter 2 of the Motorola High-Speed CMOS Data Book (DL129/D).

AC CHARACTERISTICS (C_L = 50 pF, Input t_r = t_f = 6 ns)

Symbol	Parameter	V _{CC} V	Guaranteed Limit			Unit
			-55 to 25°C	≤85°C	≤125°C	
t _{PLH} , t _{PHL}	Maximum Propagation Delay, Input A to Output Y (Figures 1 and 3)	2.0	80	100	120	ns
		3.0	30	40	55	
		4.5	18	23	28	
		6.0	15	20	25	
t _{PLZ} , t _{PHZ}	Maximum Propagation Delay, Output Enable to Output Y (Figures 2 and 4)	2.0	110	140	165	ns
		3.0	45	60	75	
		4.5	25	31	38	
		6.0	21	26	31	
t _{PZL} , t _{PZH}	Maximum Propagation Delay, Output Enable to Output Y (Figures 2 and 4)	2.0	110	140	165	ns
		3.0	45	60	75	
		4.5	25	31	38	
		6.0	21	26	31	
t _{TLH} , t _{THL}	Maximum Output Transition Time, Any Output (Figures 1 and 3)	2.0	60	75	90	ns
		3.0	22	28	34	
		4.5	12	15	18	
		6.0	10	13	15	
C _{in}	Maximum Input Capacitance		10	10	10	pF
C _{out}	Maximum Three-State Output Capacitance (Output in High Impedance State)		15	15	15	pF

NOTE: For propagation delays with loads other than 50 pF, and information on typical parametric values, see Chapter 2 of the Motorola High-Speed CMOS Data Book (DL129/D).

CPD	Power Dissipation Capacitance (Per Buffer)*	Typical @ 25°C, V _{CC} = 5.0 V, V _{EE} = 0 V	
		35	pF

* Used to determine the no-load dynamic power consumption: P_D = CPD V_{CC}²f + I_{CC} V_{CC}. For load considerations, see Chapter 2 of the Motorola High-Speed CMOS Data Book (DL129/D).

SWITCHING WAVEFORMS

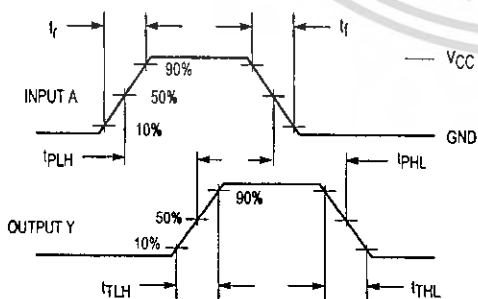


Figure 1.

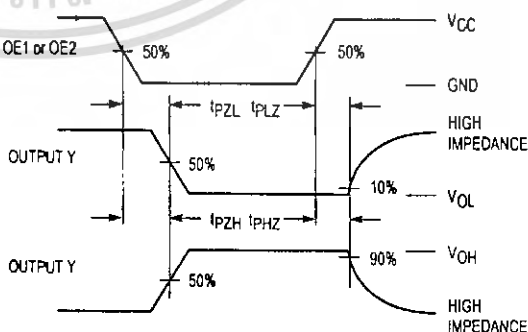
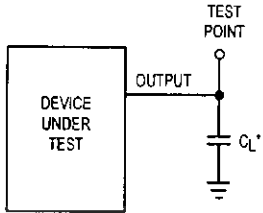


Figure 2.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

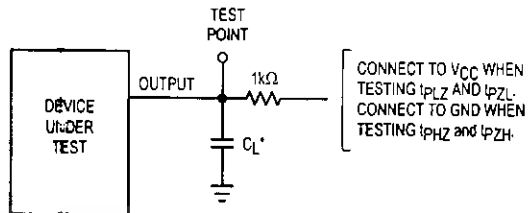
MC54/74HC541A

TEST CIRCUITS



*Includes all probe and jig capacitance

Figure 3.



*Includes all probe and jig capacitance

Figure 4.

PIN DESCRIPTIONS

INPUTS

A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8 (PINS 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) — Data input pins. Data on these pins appear in non-inverted form on the corresponding Y outputs, when the outputs are enabled.

CONTROLS

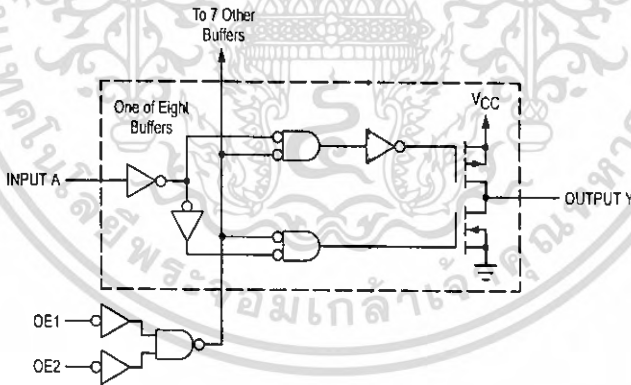
OE1, OE2 (PINS 1, 19) — Output enables (active-low). When a low voltage is applied to both of these pins, the out-

puts are enabled and the device functions as a non-inverting buffer. When a high voltage is applied to either input, the outputs assume the high impedance state.

OUTPUTS

Y1, Y2, Y3, Y4, Y5, Y6, Y7, Y8 (PINS 18, 17, 16, 15, 14, 13, 12, 11) — Device outputs. Depending upon the state of the output enable pins, these outputs are either non-inverting outputs or high-impedance outputs.

LOGIC DETAIL



OUTLINE DIMENSIONS

**J SUFFIX
CERAMIC PACKAGE
CASE 732-03
ISSUE E**

NOTES:
 1. LEADS WITHIN 0.25 (0.010) DIAMETER, TRUE POSITION AT SEATING PLANE, AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.
 2. DIMENSION L TO CENTER OF LEADS WHEN FORMED PARALLEL.
 3. DIMENSIONS A AND B INCLUDE MENISCUS.

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	23.85	25.15	0.940	0.990
B	6.60	7.49	0.260	0.296
C	3.81	5.08	0.150	0.200
D	0.38	0.56	0.015	0.022
F	1.40	1.65	0.055	0.065
G	2.54 BSC		0.100 BSC	
H	0.51	1.27	0.020	0.050
J	0.20	0.30	0.008	0.012
K	3.18	4.06	0.125	0.160
L	7.62 BSC		0.300 BSC	
M	0°	15°	0°	15°
N	0.25	1.02	0.010	0.040

**N SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 738-03
ISSUE E**

NOTES:
 1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
 2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
 3. DIMENSION L TO CENTER OF LEAD WHEN FORMED PARALLEL.
 4. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	1.010	1.070	25.56	27.17
B	0.740	0.260	6.10	6.60
C	0.150	0.180	3.81	4.57
D	0.018	0.022	0.39	0.55
E	0.050 BSC		1.27 BSC	
F	0.050	0.070	1.27	1.77
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
J	0.005	0.015	0.13	0.38
K	0.110	0.140	2.80	3.55
L	0.300 BSC		7.62 BSC	
M	0°	15°	0°	15°
N	0.020	0.040	0.51	1.01

**DW SUFFIX
PLASTIC SOIC PACKAGE
CASE 751D-04
ISSUE E**

NOTES:
 1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
 2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
 3. DIMENSIONS A AND B DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
 4. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.150 (0.006) PER SIDE.
 5. DIMENSION D DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.13 (0.005) TOTAL IN EXCESS OF D DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	12.65	12.95	0.499	0.510
B	7.40	7.60	0.292	0.299
C	2.35	2.65	0.093	0.104
D	0.35	0.49	0.014	0.019
F	0.50	0.90	0.020	0.035
J	1.27 BSC		0.050 BSC	
K	0.25	0.32	0.010	0.012
L	0.10	0.25	0.004	0.009
M	0°	7°	0°	7°
P	10.06	10.55	0.395	0.415
R	0.25	0.75	0.010	0.029

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PC817 Series

High Density Mounting Type Photocoupler

⦿ Lead forming type (I type) and taping reel type (P type) are also available. (PC817I/PC817P)
 ⦿⦿⦿ TÜV (VDE0884) approved type is also available as an option.

■ Features

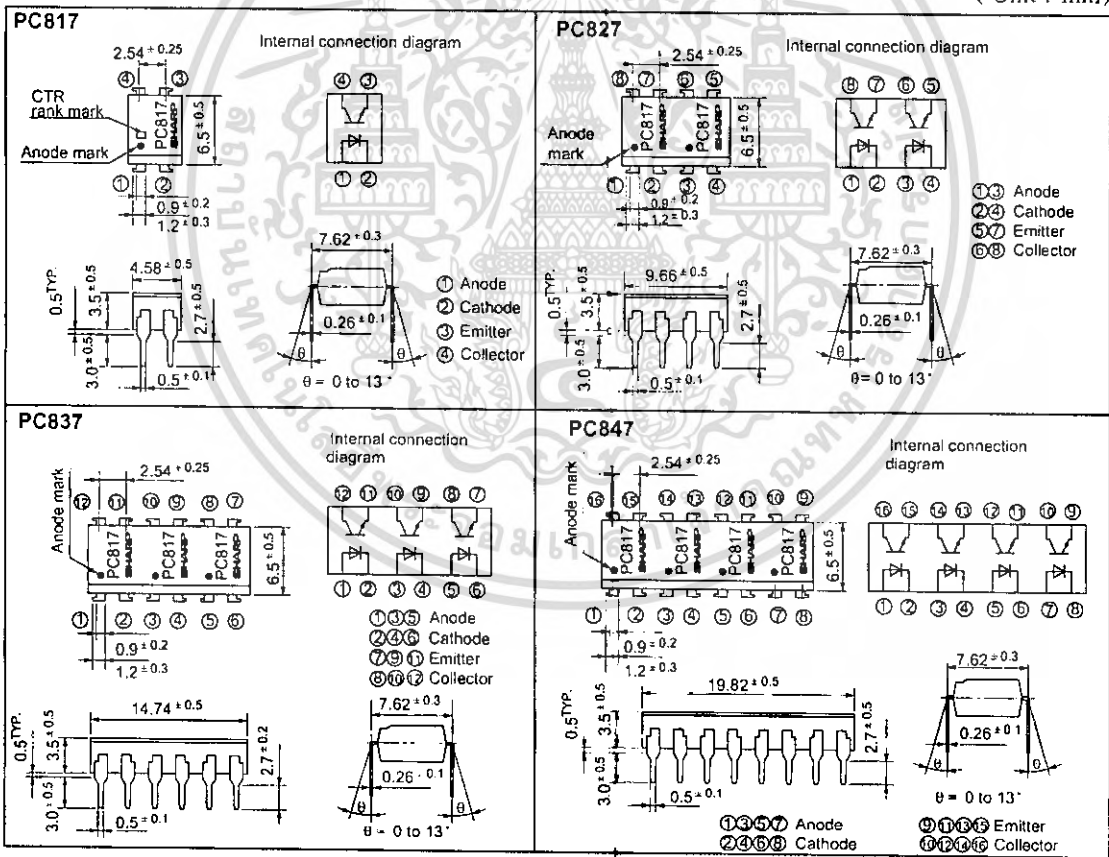
1. Current transfer ratio
 (CTR: MIN. 50% at $I_F = 5\text{mA}$, $V_{CE} = 5\text{V}$)
2. High isolation voltage between input and output (V_{iso} : 5 000V_{rms})
3. Compact dual-in-line package
 PC817 : 1-channel type
 PC827 : 2-channel type
 PC837 : 3-channel type
 PC847 : 4-channel type
4. Recognized by UL, file No. E64380

■ Applications

1. Computer terminals
2. System appliances, measuring instruments
3. Registers, copiers, automatic vending machines
4. Electric home appliances, such as fan heaters, etc.
5. Signal transmission between circuits of different potentials and impedances

■ Outline Dimensions

(Unit : mm)



* In the absence of confirmation by device specification sheets, SHARP takes no responsibility for any defects that occur in equipment using any of SHARP's devices, shown in catalogs, data books, etc. Contact SHARP in order to obtain the latest version of the device specification sheets before using any SHARP's device.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

■ Absolute Maximum Ratings (Ta= 25°C)

	Parameter	Symbol	Rating	Unit
Input	Forward current	I_F	50	mA
	*1Peak forward current	I_{FM}	1	A
	Reverse voltage	V_R	6	V
	Power dissipation	P	70	mW
Output	Collector-emitter voltage	V_{CE0}	35	V
	Emitter-collector voltage	V_{EC0}	6	V
	Collector current	I_C	50	mA
	Collector power dissipation	P_C	150	mW
Total power dissipation		P_{tot}	200	mW
*2Isolation voltage		V_{iso}	5 000	V _{rms}
Operating temperature		T_{opr}	-30 to +100	°C
Storage temperature		T_{stg}	-55 to +125	°C
*3Soldering temperature		T_{sol}	260	°C

*1 Pulse width $\leq 100\mu s$, Duty ratio : 0.001

*2 40 to 60% RH, AC for 1 minute

*3 For 10 seconds

■ Electro-optical Characteristics (Ta= 25°C)

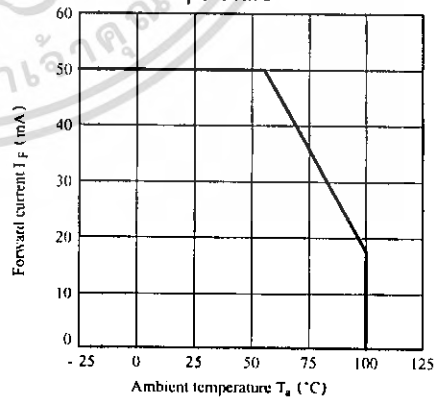
	Parameter	Symbol	Conditions	MIN.	TYP.	MAX.	Unit
Input	Forward voltage	V_F	$I_F = 20mA$	-	1.2	1.4	V
	Peak forward voltage	V_{FM}	$I_{FM} = 0.5A$	-	-	3.0	V
	Reverse current	I_R	$V_R = 4V$	-	-	10	μA
	Terminal capacitance	C_T	$V = 0, f = 1kHz$	-	30	250	pF
Output	Collector dark current	$I_{C(D)}$	$V_{CE} = 20V$	-	-	10^{-7}	A
Transfer characteristics	*4Current transfer ratio	CTR	$I_F = 5mA, V_{CE} = 5V$	50	-	600	%
	Collector-emitter saturation voltage	$V_{CE(sat)}$	$I_F = 20mA, I_C = 1mA$	-	0.1	0.2	V
	Isolation resistance	R_{iso}	DC500V, 40 to 60% RH	5×10^{10}	10^{11}	-	Ω
	Floating capacitance	C_f	$V = 0, f = 1MHz$	-	0.6	1.0	pF
	Cut-off frequency	f_c	$V_{CE} = 5V, I_C = 2mA, R_L = 100\Omega, -3dB$	-	80	-	kHz
	Response time	Rise time	t_r	$V_{CE} = 2V, I_C = 2mA, R_L = 100\Omega$	-	4	18
Fall time		t_f		-	3	18	μs

*4 Classification table of current transfer ratio is shown below.

Fig. 1 Forward Current vs. Ambient Temperature

Model No.	Rank mark	CTR (%)
PC817A	A	80 to 160
PC817B	B	130 to 260
PC817C	C	200 to 400
PC817D	D	300 to 600
PC8#7AB	A or B	80 to 260
PC8#7BC	B or C	130 to 400
PC8#7CD	C or D	200 to 600
PC8#7AC	A, B or C	80 to 400
PC8#7BD	B, C or D	130 to 600
PC8#7AD	A, B, C or D	80 to 600
PC8#7	A, B, C, D or No mark	50 to 600

*: 1 or 2 or 3 or 4



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fig. 2 Collector Power Dissipation vs. Ambient Temperature

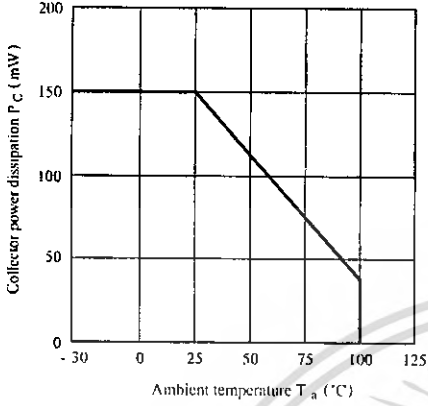


Fig. 3 Peak Forward Current vs. Duty Ratio

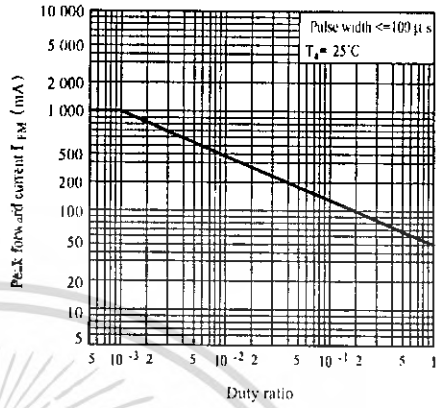


Fig. 4 Current Transfer Ratio vs. Forward Current

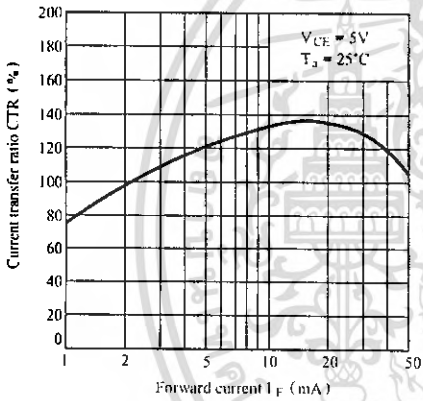


Fig. 5 Forward Current vs. Forward Voltage

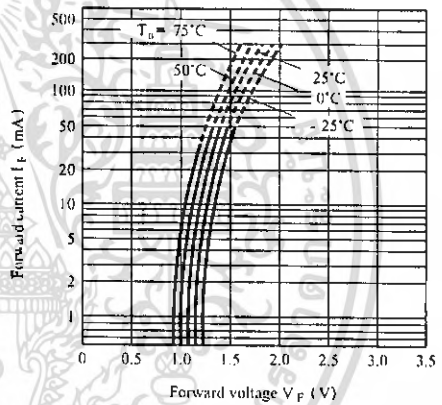


Fig. 6 Collector Current vs. Collector-emitter Voltage

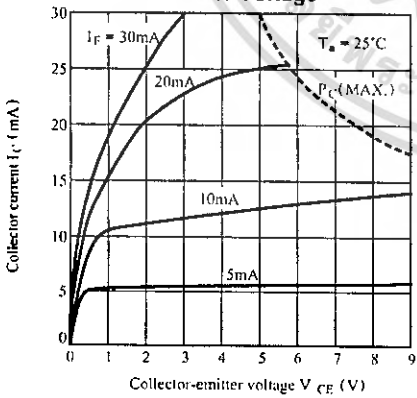


Fig. 7 Relative Current Transfer Ratio vs. Ambient Temperature

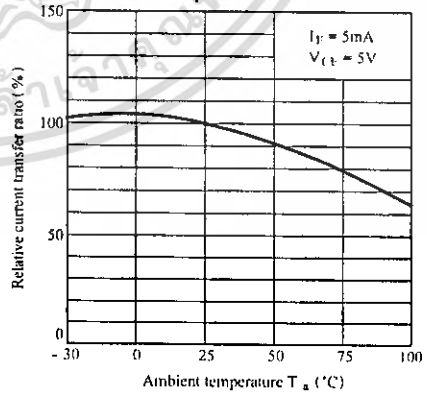


Fig. 8 Collector-emitter Saturation Voltage vs. Ambient Temperature

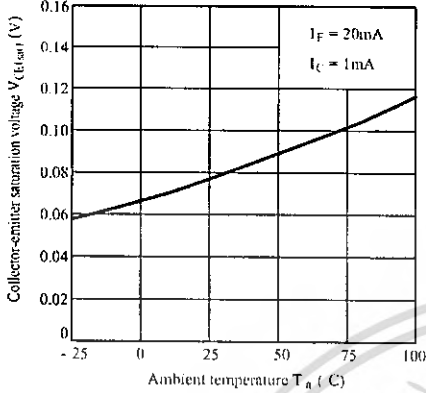


Fig. 9 Collector Dark Current vs. Ambient Temperature

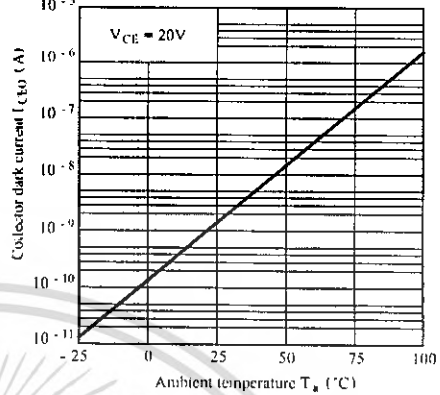


Fig.10 Response Time vs. Load Resistance

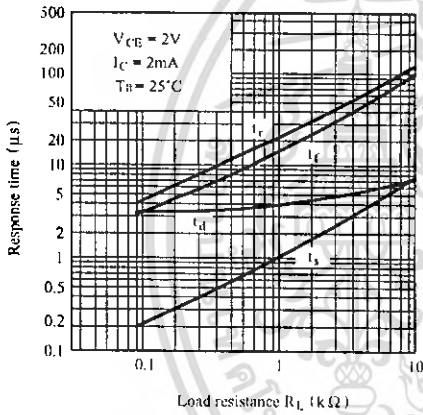
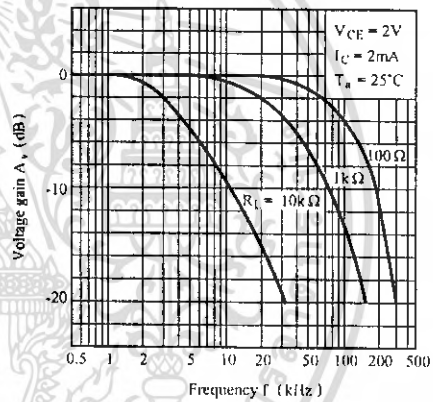
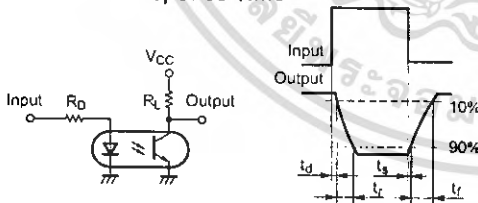


Fig.11 Frequency Response



Test Circuit for Response Time



Test Circuit for Frequency Response

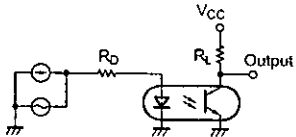
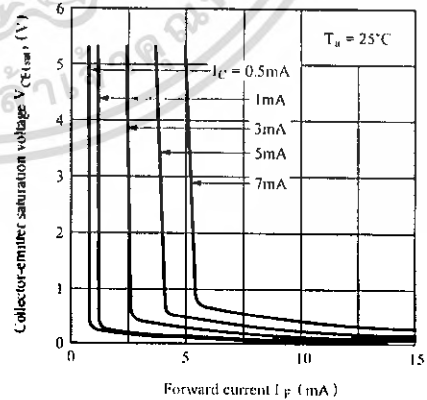


Fig.12 Collector-emitter Saturation Voltage vs. Forward Current



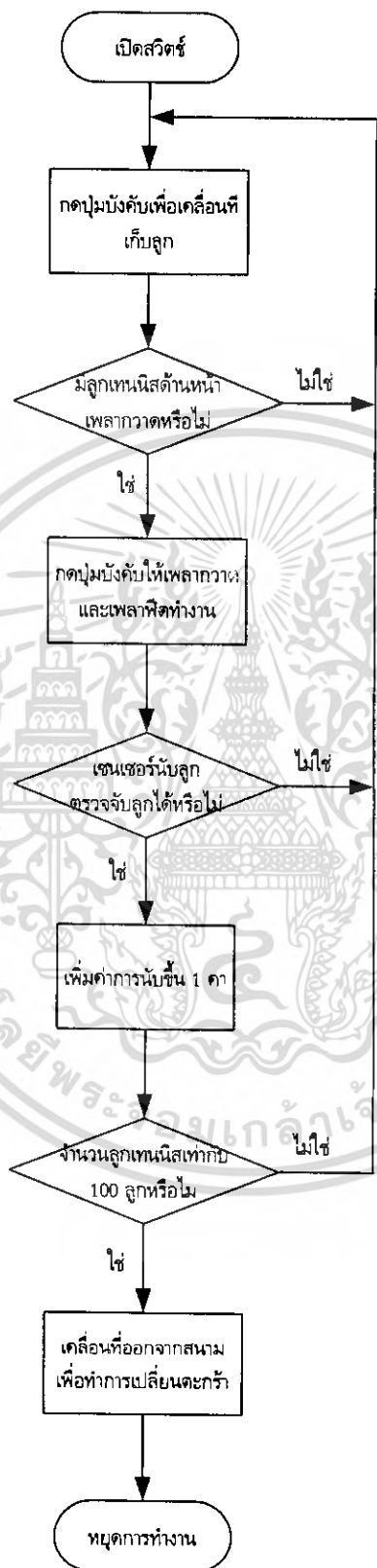
● Please refer to the chapter “Precautions for Use”



ภาคผนวก จ

ผังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ.1 ผังงานของหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ฉ
รหัสต้นฉบับของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมควบคุมการนับ

```

        DISP1    EQU    30H
        DISP2    EQU    31H
        DISP3    EQU    32H

START:  ORG      0000H
        AJMP     MAIN
        ORG      0003H        ; external 0
        AJMP     INC_V
        ORG      0013H        ; external 1
        AJMP     INC_V

MAIN:   ORG      0100H
        MOV      DISP1,#00H
        MOV      DISP2,#00H
        MOV      DISP3,#00H
        SETB    TCON.0
        SETB    TCON.2
        SETB    EX0
        SETB    EX1
        SETB    EA

DISPLAY1: ACALL  DISPLAY
        JMP     DISPLAY1

;*****INC*****
INC_V:  INC      DISP1
        MOV      A,DISP1
        CJNE    A,#0AH,EXIT
        MOV      DISP1,#00H
        INC     DISP2
        MOV      A,DISP2
        CJNE    A,#0AH,EXIT
        MOV      DISP2,#00H
        INC     DISP3
        CLR     EA
        CLR     P3.4

EXIT:   RETI

;*****DISPLAY*****
DISPLAY: MOV     R5,#050H
LOOP1:  MOV     A,DISP1
        MOV     DPTR,#DATA
        MOVC   A,@A+DPTR
        MOV     P0,A
        CLR    P1.0
        CLR    P1.1
        ACALL  DELAY
; OFF DISPLAY
        SETB   P1.0
        SETB   P1.1

        MOV    A,DISP2
        MOV    DPTR,#DATA

```

```

        MOV     A,@A+DPTR
        MOV     P0,A
        SETB   P1.0
        CLR    P1.1
        ACALL  DELAY
; OFF DISPLAY
        SETB   P1.0
        SETB   P1.1

        MOV     A,DISP3
        MOV     DPTR,#DATA
        MOV     A,@A+DPTR
        MOV     P0,A
        CLR    P1.0
        SETB   P1.1
        ACALL  DELAY
; OFF DISPLAY
        SETB   P1.0
        SETB   P1.1
        DJNZ   R5,LOOP1
        RET

DATA:    DB      0C0H,0F9H,0A4H,0B0H,99H,92H,82H,0F8H,80H,90H
;*****DELAY*****
DELAY:   MOV     R1,#05H
DEL02:   MOV     R2,#05H
DEL01:   DJNZ   R2,DEL01
         DJNZ   R1,DEL02
         RET

DELAY_1: MOV     R3,#00H
DEL04:   MOV     R4,#00H
DEL03:   DJNZ   R4,DEL03
         DJNZ   R3,DEL04
         RET

        END

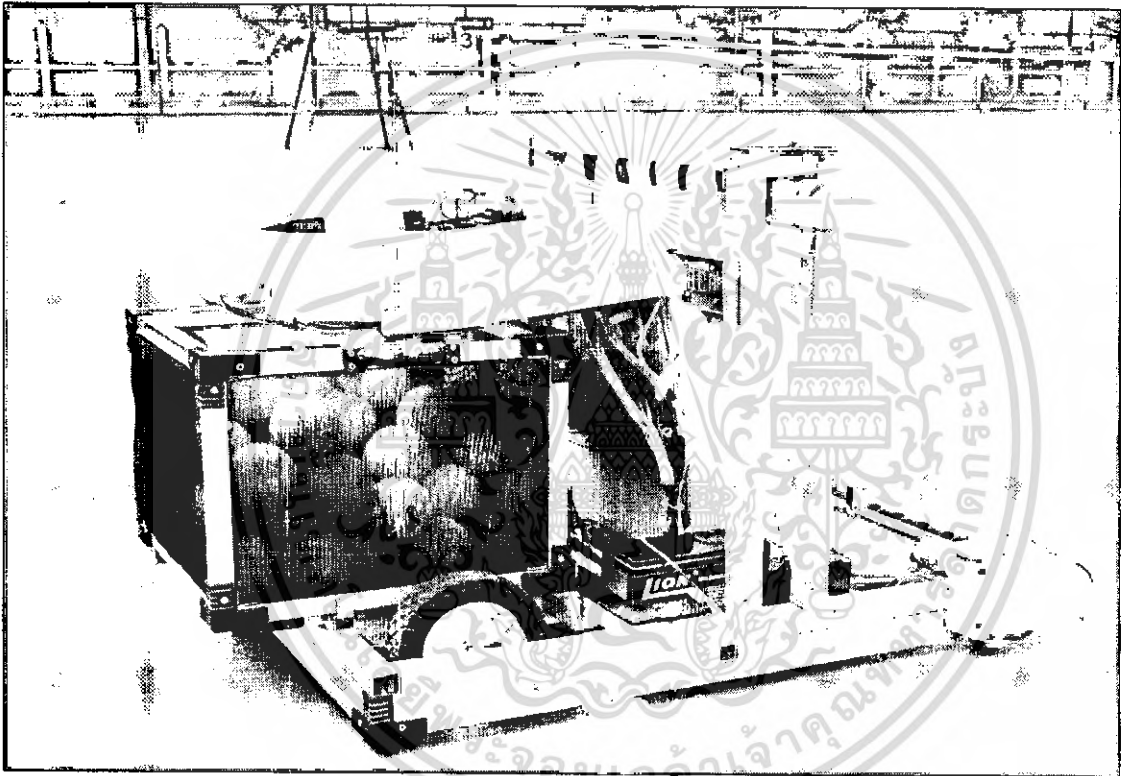
```



ภาคผนวก ช
คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งาน
หุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส



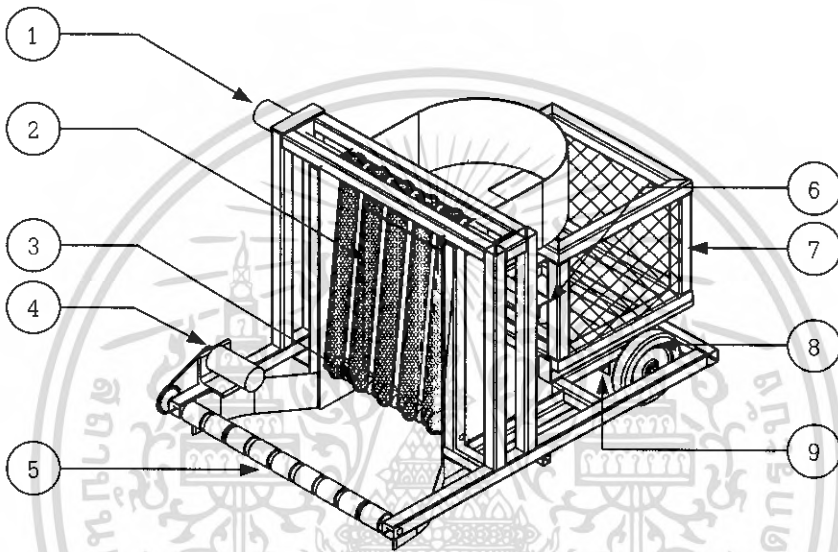
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. คำแนะนำเบื้องต้น

ก่อนใช้งานหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส ควรทำการศึกษาการใช้งานเบื้องต้นจากคู่มือก่อน เพื่อให้เข้าใจการใช้งานที่ถูกต้องและเป็นการป้องกันการเสียหายที่อาจเกิดขึ้นได้

2. ส่วนประกอบและปุ่มควบคุม



รูปที่ ช.1 ส่วนประกอบต่างๆ ของหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส

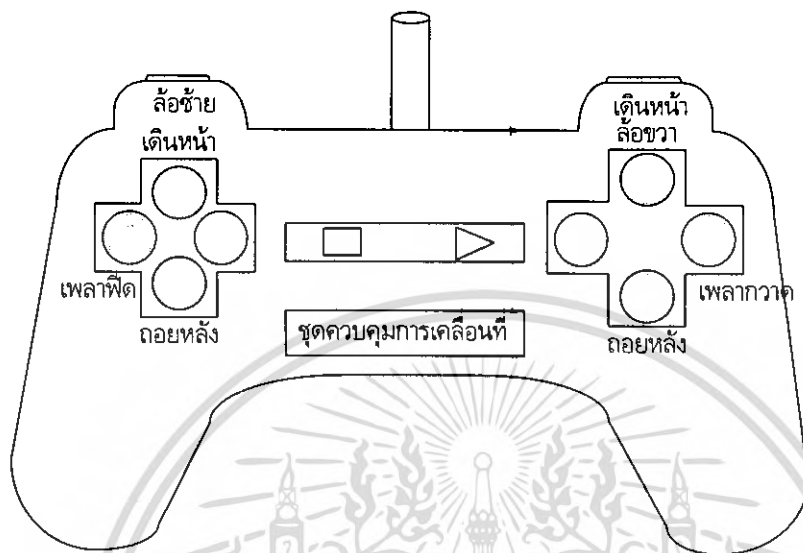
2.1 ส่วนประกอบต่างๆ ของหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส

จากรูปที่ ช.1 มีรายละเอียดดังนี้

- 1) ชุดมอเตอร์ฟีดลูกเทนนิส
- 2) สายพานลำเลียงลูกเทนนิส
- 3) เพลาฟีดลูกเทนนิส
- 4) ชุดมอเตอร์กวาดลูกเทนนิส
- 5) เพลากวาดลูกเทนนิส
- 6) สวิตช์ควบคุมการทำงาน ON-OFF
- 7) ตะกร้าบรรจุลูกเทนนิส
- 8) ล้อหลัง
- 9) ชุดมอเตอร์ขับเคลื่อนล้อหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส



รูปที่ ๒.๒ ชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส

ชุดควบคุมการเคลื่อนที่นี้ได้ออกแบบให้สามารถใช้ร่วมกับหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส ซึ่งการนำไปใช้งานจะต้องต่อเข้ากับพอร์ตของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ได้โปรแกรมการรับค่าจากปุ่มกดไว้แล้ว โดยการกดปุ่มเพื่อควบคุมการเคลื่อนที่นั้นสามารถกดได้ตามที่ระบุไว้บริเวณปุ่มบังคับ

3. การติดตั้งและการใช้งาน

- 3.1 เริ่มต้นการทำงานบริเวณด้านข้างสนามเทนนิส
- 3.2 นำตะกร้าใส่ลูกเทนนิสวางไว้ที่บริเวณด้านหลังของหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส
- 3.3 ต่อสายไฟเข้ากับขั้วแบตเตอรี่ให้ถูกต้องทั้ง 3 ลูก
- 3.4 เปิดสวิตช์ ON/OFF ทางด้านซ้ายของตัวเครื่อง
- 3.5 ผู้ใช้งานกดปุ่มบังคับให้หุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิสเคลื่อนที่เก็บลูกจนครบ
- 3.6 เมื่อเก็บลูกเทนนิสได้ครบ 100 ลูกแล้วจึงเคลื่อนที่กลับเพื่อทำการเปลี่ยนตะกร้าใส่ลูกเทนนิส
- 3.7 ทำการเปลี่ยนตะกร้าใบใหม่เพื่อนำหุ่นยนต์กลับไปเก็บลูกเทนนิสในสนามอีกครั้ง
- 3.8 ปิดสวิตช์เมื่อเสร็จสิ้นการทำงาน

หมายเหตุ

1. หุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิสสามารถเก็บได้เฉพาะบนสนามที่เป็นพื้นคอนกรีตแบบคอร์ดเดี่ยวเท่านั้น

2. ตะกร้าสามารถบรรจุลูกเทนนิสได้สูงสุด 100 ลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การแก้ปัญหาเบื้องต้น

เมื่อผู้ใช้งานประสบปัญหาในการใช้งานหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิสสามารถตรวจสอบแนวทางแก้ไขปัญหเบื้องต้นได้ดังนี้

ตารางที่ ๔.1 การแก้ปัญหาเบื้องต้น

อาการ	สาเหตุและวิธีการแก้ไข
เปิดสวิตช์แต่เครื่องไม่ทำงาน	สาเหตุ: อาจเกิดจากขั้วต่อแบตเตอรี่หลวมหรือแบตเตอรี่หมดประจุ การแก้ไข: ต่อขั้วแบตเตอรี่ให้แน่นหรือทำการประจุแบตเตอรี่ให้เต็ม
วงจรนับลูกไม่ทำงาน	สาเหตุ: อาจเกิดจากชุดรับ/ส่งอินฟราเรดไม่ทำงาน การแก้ไข: ตรวจสอบสายไฟและขั้วต่อทุกจุด
วงจรขับมอเตอร์ไม่ทำงาน	สาเหตุ: อาจเกิดจากสายไฟหลุดหรือลืมหือต่อ การแก้ไข: ต่อสายไฟทุกจุดให้ถูกต้อง

5. การดูแลรักษาและข้อควรระวัง

5.1 การดูแลรักษา

1. เช็ดทำความสะอาดหลังการใช้งานทุกครั้ง
2. เมื่อเลิกใช้งานควรถอดแบตเตอรี่ออกทุกครั้ง
3. ควรทำการประจุแบตเตอรี่ให้เต็มทุกครั้งหลังการใช้งาน เพื่อป้องกันการเสื่อมอายุของแบตเตอรี่
4. ตรวจสอบขั้วต่อสายไฟของวงจรตามจุดต่างๆ ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานเสมอ
5. หมั่นทำการตรวจสอบและซ่อมบำรุงอุปกรณ์ต่างๆ เป็นระยะๆ เพื่อป้องกันและลดอัตราการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์

5.2 ข้อควรระวัง

1. ก่อนใช้งานควรศึกษาคู่มือการใช้งานของหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิสอย่างละเอียด
2. ก่อนใช้งานควรตรวจสอบอุปกรณ์ในส่วนต่างๆ ให้อยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งานเสมอ
3. ไม่ควรใช้งานขณะที่พื้นสนามเทนนิสเปียก
4. ควรทำการเคลื่อนย้ายอย่างระมัดระวังและหลีกเลี่ยงการกระทบกระเทือน เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดกับอุปกรณ์ต่างๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ข้อมูลจำเพาะ

ตารางที่ ข.2 ข้อมูลจำเพาะ

คุณสมบัติ	รายละเอียด
ขนาดของหุ่นยนต์เก็บลูกเทนนิส	กว้าง 70 เซนติเมตร ยาว 78 เซนติเมตร สูง 56 เซนติเมตร น้ำหนัก 21.20 กิโลกรัม
มอเตอร์ขับเคลื่อน 2 ตัว	ความเร็ว 550 rpm ใช้ไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์
มอเตอร์ขับเคลื่อนเพลากวาดลูก 1 ตัว	ความเร็ว 600 rpm ใช้ไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์
มอเตอร์ขับเคลื่อนสายพานลำเลียงลูก 1 ตัว	ความเร็ว 400 rpm ใช้ไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์
ฮาร์ดแวร์ของส่วนควบคุม	ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ AT89S52
ซอฟต์แวร์ของส่วนควบคุม	ภาษาแอสเซมบลี
แหล่งจ่ายพลังงาน	แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 7.5 แอมแปร์ 2 ลูก และแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 1.3 แอมแปร์ 1 ลูก
ชนิดของสนามที่เก็บ	พื้นคอนกรีตแบบคอร์ตเดี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อ-สกุล	นายนพรัตน์ รุ่งเรืองจินดา
วัน เดือน ปีเกิด	21 เมษายน พ.ศ. 2525
ภูมิลำเนา	29 หมู่ 7 ตำบลแม่ชะนิง อำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน 55110
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านแม่ชะนิง จังหวัดน่าน
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนโพธิสัมพันธ์พิทยาคาร จังหวัดชลบุรี
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคสตั๊ดทิม จังหวัดชลบุรี
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคสตั๊ดทิม จังหวัดชลบุรี
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
คติพจน์	ท้อได้แต่อย่าถอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อ-สกุล	นายสรายุทธ เรืองขจิต
วัน เดือน ปีเกิด	15 กันยายน พ.ศ. 2527
ภูมิลำเนา	6/1 หมู่ 4 ตำบลห้วยแร้ง อำเภอเมือง จังหวัดตราด 23000
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนวัดเนินยาง จังหวัดตราด
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนตราษตระการคุณ จังหวัดตราด
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคตราด จังหวัดตราด
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคสัตหีบ จังหวัดชลบุรี
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
ทุนการศึกษา	ทุนเรียนดีประจำปีการศึกษา 2549
คติพจน์	สิ่งที่ได้มาเปล่าคือความเฉาซรา สิ่งที่ต้องแสวงหาคือคุณค่าของชีวิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อ-สกุล	นางสาวอันชรี ไชยนต์
วัน เดือน ปีเกิด	21 สิงหาคม พ.ศ. 2527
ภูมิลำเนา	59/1 หมู่ 7 แขวงลำปลาทิว เขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10520
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนวัดทิพพาวาส จังหวัดกรุงเทพมหานคร
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนเทพศิรินทร์ร่มเกล้า จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยการอาชีพนวมินทรราชูทิศ จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยการอาชีพนวมินทรราชูทิศ จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโพรคมานาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
คติพจน์	อุปสรรคมักมาก่อนความสำเร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้