

ระบบรถติดตามรถอัตโนมัติ

Automatic Chasing Car



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2556

ระบบรถติดตามรถอัตโนมัติ

Automatic Chasing Car



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ACADEMIC YEAR 2013

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2556


คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

.....

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ ระบบรถติดตามรถอัตโนมัติ
นักศึกษาผู้จัดทำ นายชัยณรงค์ อุดมทรัพย์ถาวร รหัสนักศึกษา 53010336
นายชินวัตร สังสุทธิ รหัสนักศึกษา 53010370
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
ปีการศึกษา 2556

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ดร.อิทธิภูมิ บุญพิคำ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ ระบบรถติดตามรถอัตโนมัติ
นักศึกษาผู้จัดทำ นายชัยณรงค์ อุดมทรัพย์ถาวร รหัสนักศึกษา 53010336
นายชินวัตร สังสุทธิ รหัสนักศึกษา 53010370
อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.อิทธิภูมิ บุญพิงค์
ปีการศึกษา 2556

บทคัดย่อ

ระบบรถติดตามรถอัตโนมัติ รถติดตามนั้นได้รับการติดตั้งเซนเซอร์อินฟราเรดทั้งตัวรับและตัวส่ง เมื่อได้รับสัญญาณที่สะท้อนจากรถคันหน้า ระบบประมวลผลกลางที่อาศัยวงจรถิจิตอลลอจิก จะนำสัญญาณสะท้อนที่รับได้มาควบคุมการเคลื่อนที่ของรถติดตามให้ไปในทิศทางเดียวกับรถคันหน้า)

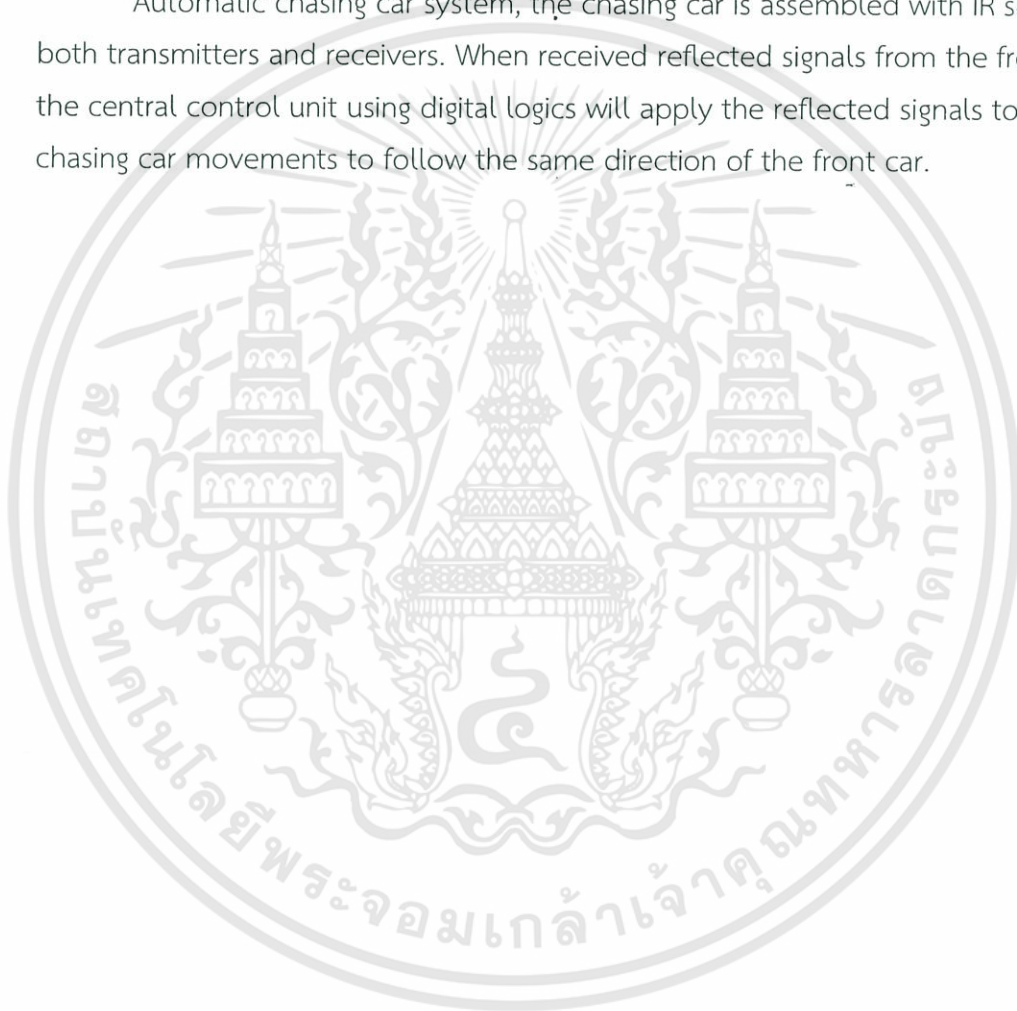


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Automatic Chasing Car
Authors	Mr.Chainarong Udomsaphaworn Mr.Chinwat Sungsuhi
Thesis Advisor	Dr.Ittibhoom Boonpikum
Year	2013

ABSTRACT

Automatic chasing car system, the chasing car is assembled with IR sensors both transmitters and receivers. When received reflected signals from the front car, the central control unit using digital logics will apply the reflected signals to control chasing car movements to follow the same direction of the front car.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ดร.อิทธิภูมิ บุญพิงค์ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษาในการทำปริญญานิพนธ์นี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีรวมทั้งที่ได้ให้ความรู้ในการศึกษา ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ทุกท่าน ที่ให้ความร่วมมือและช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ

ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ แม่ และญาติพี่น้อง รวมทั้งเพื่อนๆ พี่ๆ ที่น่ารักทุกคนที่คอยให้กำลังใจ และให้การสนับสนุนช่วยเหลือในทุกด้านทั้งเรื่องการเรียนรู้ การเงิน และเรื่องส่วนตัวจนทำให้คณะผู้จัดทำประสบความสำเร็จในการจัดทำปริญญานิพนธ์ โดยไม่มีอุปสรรคใด ๆ

สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำขอขอบคุณผู้ที่มีส่วนร่วมในการจัดทำปริญญานิพนธ์นี้ ผู้เขียนขอขอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน และขอให้ทุกท่านจงมีแต่ความสุขตลอดไป



คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

หัวข้อ	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	V
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญภาพ.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 วัตถุประสงค์ของโครงงาน.....	1
1.2 คุณสมบัติระบบควบคุมและระบบติดตาม.....	2
1.3 ข้อมูลพื้นฐานทั่วไป	2
1.4 ระบบรถติดตาม.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 เทคโนโลยีเซ็นเซอร์.....	3
2.2 การควบคุมมอเตอร์เพื่อควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของรถติดตามโดย IC L293D	8
2.3 DC มอเตอร์	12
2.4 วงจรเปรียบเทียบระดับแรงดัน สำหรับเอาต์พุตลอจิก “1” และ “0” หรือ Comparator Circuit	14
บทที่ 3 การออกแบบวงจร.....	17
3.1 เซนเซอร์	17
3.2 วงจรเปรียบเทียบระดับแรงดัน เพื่อให้สัญญาณเอาต์พุตมีสถานะเป็น “0” และ “1”	20
3.3 วงจรขับมอเตอร์ L293D	23
3.4 วงจรดิจิทัลลอจิกเพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของรถติดตาม.....	27
3.5 วงจรทดสอบสถานะดิจิทัลลอจิก	29
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	31
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	33
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	33
5.2 ปัญหาที่พบในการทดลอง.....	33
5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา.....	33
บรรณานุกรม.....	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา แล IV อย่างเป็นทางการถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตารางความจริงสำหรับ IC ขับมอเตอร์ L293D.....	11
3.1 ตารางลอจิก สำหรับเอาต์พุตจากเซนเซอร์ทั้ง 4 และรูปแบบการเคลื่อนที่.....	20
3.2 ตารางลอจิก L293D และการหมุนของมอเตอร์.....	25
3.3 ตารางลอจิก L293D สำหรับอินพุตทั้ง 4 และการหมุนของมอเตอร์ 2 ตัว.....	26
3.4 ตารางลอจิก สำหรับเอาต์พุตจากเซนเซอร์ทั้ง 4 และรูปแบบการเคลื่อนที่.....	27



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา แลVต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 ระบบรถติดตาม.....	2
2.1 การทำงานของเซ็นเซอร์ Hall-effect ร่วมกับแม่เหล็กถาวร.....	4
2.2 ความแตกต่างระหว่าง Walls และ Corners เมื่อใช้ RCD's.....	5
2.3 การกวาดของโซนาร์ 360 องศา ด้วย RCD's สองตัว.....	6
2.4 วงจร IR emitter และ IR phototransistor.....	8
2.5 NPN ทรานซิสเตอร์เพื่อขับมอเตอร์.....	8
2.6 วงจร H-Bridge สำหรับขับมอเตอร์.....	9
2.7 IC L293D.....	10
2.8 DC มอเตอร์พร้อมส่วนประกอบภายใน.....	13
2.9 รูปแบบการหมุนของ DC มอเตอร์.....	14
2.10 วงจรเปรียบเทียบระดับแรงดัน.....	15
3.1 หลักการทำงานของเซ็นเซอร์ IR.....	16
3.2 วงจร IR.....	16
3.3 วงจร Comparator.....	21
3.4 Comparator IC LM324.....	21
3.5 IR เซ็นเซอร์พร้อมวงจร comparator.....	22
3.6 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน (comparator) สำหรับเซ็นเซอร์อินฟราเรดทั้ง 4.....	22
3.7 แผนผังการเชื่อมต่อขา L293D.....	23
3.8 แผนผังขา L293D.....	24
3.9 แผนผังการต่อมอเตอร์เข้ากับ L293D.....	25
3.10 วงจรลอจิกสำหรับขาอินพุท 7 IC293D.....	28
3.11 วงจรลอจิกสำหรับขาอินพุท 10 IC293D.....	28
3.12 วงจรลอจิกสำหรับขาอินพุท 15 IC293D.....	29
3.13 Probe สำหรับวัดสถานะทางลอจิก “1” และ “0” อย่างง่าย.....	29
3.14 ทำงานบนวงจรดิจิทัลลอจิก เพื่อทดสอบสัญญาณสำหรับป้อนให้แก่ IC L293D หรือ วงจรขับมอเตอร์.....	30
4.1 ผลการประมวลผลวงจรลอจิกสำหรับอินพุทขา 7 IC293D โดย PSPICE.....	31
4.2 ผลการประมวลผลวงจรลอจิกสำหรับอินพุทขา 10 IC293D โดย PSPICE.....	31
4.3 ผลการประมวลผลวงจรลอจิกสำหรับอินพุทขา 15 IC293D โดย PSPICE.....	32

บทที่ 1

บทนำ

ระบบนี้ประกอบด้วยระบบเชื่อมต่อ อันได้แก่ รถติดตาม รถถูกตาม รถติดตาม นั้นได้รับการติดตั้งเซนเซอร์อินฟราเรดทั้งตัวรับและตัวส่ง เมื่อได้รับสัญญาณที่สะท้อนจากรถคันหน้า ระบบประมวลผลกลางที่อาศัยวงจรถิจิตอลลอจิก จะนำสัญญาณสะท้อนที่ได้รับได้มาควบคุมการเคลื่อนที่ของรถติดตามให้ไปในทิศทางเดียวกับรถคันหน้า

1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. สร้างระบบรถติดตามอัตโนมัติโดยอาศัยเซนเซอร์อินฟราเรด
2. ออกแบบและสร้างระบบเซ็นเซอร์ เพื่อให้รถยนต์สามารถเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกับรถที่ต้องการติดตามได้
3. ออกแบบและสร้างวงจรถิจิตอลลอจิกเพื่อสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของรถให้สัมพันธ์กับสัญญาณอินฟราเรดสะท้อนที่ได้รับได้
4. นำระบบ embedded system เข้าร่วมกับวงจรถิจิตอลลอจิกต่างๆ เพื่อสร้างระบบรถติดตามอัตโนมัติให้สมบูรณ์ โดยไม่ใช้กล้องจับภาพ
- 5.

รายงานฉบับนี้เสนอการออกแบบระบบรถติดตามอัตโนมัติ ซึ่งประกอบด้วยหลาย ส่วนของโครงการดังนี้

- ส่วนของเซนเซอร์อินฟราเรดเพื่อตรวจจับสิ่งกีดขวาง และติดตามวัตถุเป้าหมาย
- ส่วนของวงจรถิจิตอลลอจิกเพื่อสร้างสัญญาณควบคุมการเคลื่อนที่ของรถติดตาม
- ส่วนของระบบสร้างสัญญาณควบคุมมอเตอร์ โดยเน้นไปที่ระบบ embedded system

ระบบที่สร้างขึ้นจะสามารถทำให้รถติดตามติดตามรถที่อยู่ด้านหน้า โดยสามารถ เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา และเดินหน้า ซึ่งเป็นไปโดยอัตโนมัติ โดยอาศัยสัญญาณที่ได้จากแสง อินฟราเรดสะท้อนจากรถคันหน้ามาควบคุมทิศทางและการเคลื่อนที่ของรถติดตาม

โครงการนี้เสนอการออกแบบโดยใช้ระบบเซนเซอร์อินฟราเรด ระบบดิจิตอลลอจิก และระบบ embedded system ที่เป็นพื้นฐานของการสร้างระบบที่คล้ายคลึงกันที่ ซับซ้อนขึ้นได้ โดยไม่ต้องใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือกล้องจับภาพใดๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 คุณสมบัติระบบควบคุมและระบบติดตาม

- ระบบรถติดตามสามารถติดตามรถคันหน้าได้โดยอัตโนมัติ
- ระบบรถติดตามใช้เพียงเซนเซอร์อินฟราเรดสำหรับรับและส่ง
- มีระบบหลีกเลี่ยงการชนระหว่างรถติดตามและรถถูกติดตาม
- ใช้วงจรดิจิทัลลอจิกแทนการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์และกล้องจับภาพ
- สามารถเพิ่มความซับซ้อนการทำงานของระบบได้ เช่นติดตามเส้นสีดำ บอกระยะห่างระหว่างรถติดตามและรถติดตาม รวมถึงตำแหน่งรถคันหน้าที่สัมพันธ์กับรถติดตาม โดยอาศัยจอแสดงผล

1.3 ข้อมูลพื้นฐานทั่วไป

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงเทคโนโลยีต่างๆ อันได้แก่

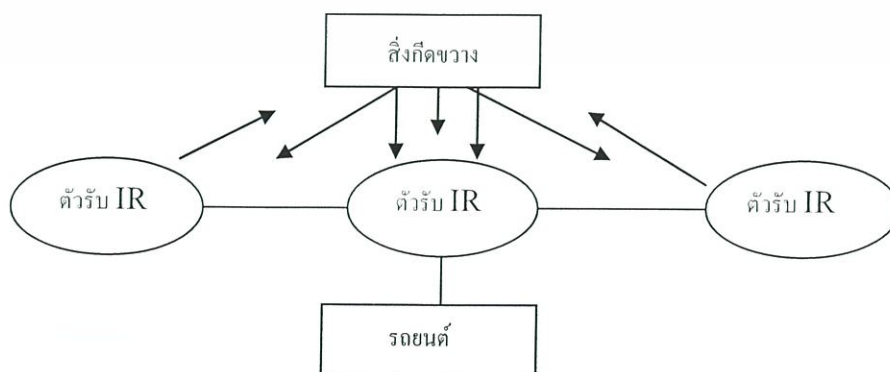
- เทคโนโลยีเซ็นเซอร์
- embedded system หรือระบบการจัดการการเคลื่อนที่ของรถติดตาม
- การควบคุมเซ็นเซอร์

การศึกษาเทคโนโลยีเซ็นเซอร์นั้นก็เพื่อหาส่วนที่เหมาะสมที่สุดในการตรวจจับสิ่งกีดขวาง พิจารณาตำแหน่งของรถคันหน้า รวมถึงตัวแปรด้านบริเวณ น้ำหนัก และกำลังไฟฟ้าที่ใช้

อุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบรถติดตามนี้ประกอบด้วยมอเตอร์ 2 ตัว ระบบที่ใช้ควบคุมมอเตอร์เหล่านี้มาจากระบบหลายระบบด้วยกัน

ข้อมูลที่ได้จากเซ็นเซอร์อินฟราเรดที่ติดตั้งบนรถติดตามจะถูกส่งไปยังขั้นตอนระดับสูงที่ทำงานบนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ต้องใช้ความรู้ทางลอจิกในการประมวลผลเพื่อดำเนินขั้นตอนนี้ โดยพิจารณารูปแบบการเคลื่อนที่ให้สัมพันธ์กับสัญญาณที่ต้องป้อนให้แก่ วงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของรถติดตาม

1.4 ระบบรถติดตาม



รูปที่ 1.1 ระบบรถติดตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎี

2.1 เทคโนโลยีเซ็นเซอร์

เมื่อพิจารณาเทคโนโลยีเซ็นเซอร์สำหรับรถติดตาม ต้องพิจารณาสิ่งแวดล้อมการทำงานด้วย การออกแบบนี้ก็เพื่อมุ่งหวังให้รถติดตามทำงานในสิ่งแวดล้อมต่างๆ สิ่งกีดขวางนั้นได้แก่ ต้นไม้ วัตถุอื่นๆ และผู้คน ซึ่งเป็นกีดขวางที่เคลื่อนที่ได้และเคลื่อนที่ไม่ได้ โดยวัตถุทั้งสองแบบจะให้สัญญาณเซ็นเซอร์ที่เปลี่ยนแปลงกลับคืนมา

2.1.1 อินฟราเร็ด

ระยะใช้งานของ IR นั้นมีข้อเสียคือให้ข้อมูลที่ตรวจจับได้และไม่ได้ เนื่องจากการสะท้อน IR จากวัตถุนั้นเปลี่ยนแปลงอย่างมากในสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะเมื่อมีสัญญาณอื่นมารบกวน เช่น แสงอาทิตย์ แสงไฟให้แสงสว่าง และอื่นๆ อย่างไรก็ตาม อุปกรณ์ที่นำมาสร้างระบบนั้นหาง่ายและกะทัดรัด

เซ็นเซอร์ IR ใช้แสง IR เพื่อตรวจจับผิว สัญญาณความถี่ต่ำของลำแสงที่ปล่อยออกมานั้นมักนำมาใช้เพื่อกำจัดการรบกวนสัญญาณจากสัญญาณที่ไม่เปลี่ยนแปลง เช่น แสงไฟ หรือดวงอาทิตย์ การวัดระยะนั้นทำได้ก็ต่อเมื่อสิ่งแวดล้อมมีสีและโครงสร้างที่เรียบ และต้องปรับเซ็นเซอร์เพื่อใช้ในงาน ผลคือต้องนำมาใช้กับงานเฉพาะอย่าง ตัวอย่างเช่น ผิววัตถุสีดำหรือสีเข้ม นั้นตัวเซ็นเซอร์ IR จะมองไม่เห็น เนื่องจากโดยทั่วไปแล้ว เซ็นเซอร์ IR จะใช้งานได้สำหรับการตรวจจับวัตถุ ไม่ใช่การวัดระยะ นอกจากนี้เนื่องจากความเข้มแสง IR นั้นลดลงเร็วมากตามระยะ(เป็นอัตราส่วนกับระยะทางกำลังสอง) ระยะสูงสุดที่มีผลทั่วไปคือ 50 ถึง 100 ซม. ที่เป็นระยะที่สั้นเกินไปสำหรับนำมาใช้ในโครงการนี้

2.1.2 เรดาร์

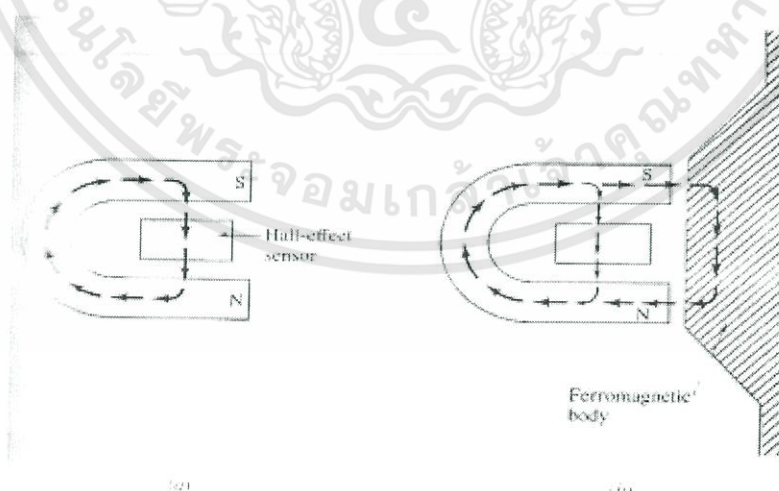
เรดาร์นั้นให้ภาพของสิ่งที่อยู่รอบๆ อย่างถูกต้อง และเป็นเทคโนโลยีที่เข้าใจกันได้ดี วัตถุในสิ่งแวดล้อมภายในจะให้การสะท้อนสัญญาณเรดาร์ได้สูง อย่างไรก็ตามอาจทำการรบกวนแหล่งคลื่นวิทยุอื่นๆใน CVSSP ได้สูง เนื่องจากมีระบบเครือข่ายแบบไร้สายอยู่ นอกจากนี้ยังไม่สามารถบอกได้ว่าต้องใช้กำลังไฟเท่าใดในการทำให้เสาอากาศเรดาร์ใช้งานได้โดยยังมีกำลังไฟเพียงพอสำหรับการใช้งานระยะไกล

2.1.3 Inductive, Magnetic, Capacitive

สำหรับการใช้เซ็นเซอร์ เซ็นเซอร์แบบ inductive นั้นอาจนำมาใช้เพื่อตรวจวัดวัตถุเฟอร์โรแมกเนติก อย่างไรก็ตาม วิธีการนี้ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้กับสิ่งแวดล้อมบางแห่ง เนื่องจากวัตถุนี้จะไม่สามารถตรวจพบได้หากมีขนาดเล็ก ทำให้เทคโนโลยีนี้เหมาะกับอุตสาหกรรมและการสร้างรถติดตามมากกว่า นอกจากนี้ เซ็นเซอร์ต้องอาศัยการเคลื่อนที่ของวัตถุเฟอร์โรแมกเนติกเพื่อสร้างแรงดันเอาท์พุท หรือวัตถุที่ไม่มีการเคลื่อนที่จะตรวจพบยาก เซ็นเซอร์ชนิดเหนี่ยวนำ นั้นยังมีพิสัยสั้น หรือในระยะเศษส่วนของมิลิเมตรเท่านั้น ข้อจำกัดด้านพิสัยนี้เป็นอีกเหตุผลว่าเหตุใดเทคโนโลยีนี้ถูกจำกัดเฉพาะใช้การกับส่วนการประกอบรถติดตามเท่านั้น

เทคโนโลยีที่มีพิสัยในการตรวจจับได้ระยะไกลกว่าคือเซ็นเซอร์ชนิด Hall-effect อุปกรณ์ชนิดนี้ทำงานบนหลักการของเซ็นเซอร์แบบ Hall-effect ที่อยู่ระหว่างขั้วของแม่เหล็กถาวร เมื่อผิววัตถุ เฟอร์โรแมกเนติก นำมาใกล้ขั้วแม่เหล็ก สนามแม่เหล็กที่ตัดผ่านเซ็นเซอร์จะลดลง

วิธีนี้มีข้อเสียเมื่อนำมาตรวจจับผิววัตถุที่ไม่ใช่เฟอร์โรแมกเนติก แต่จะนำเซ็นเซอร์แบบ capacitive มาใช้แทน เซ็นเซอร์ชนิดนี้(ยังเปลี่ยนระดับความไวได้) มีปฏิกิริยาต่อวัสดุที่ไม่ใช่แก๊สทั้งหมดด้วย ตามชื่อที่บอก เซ็นเซอร์นี้ทำงานโดยการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงค่า capacitance ระหว่างอิเล็กโทรดทั้งสอง ใช้ตรวจจับวัตถุได้อย่างมีประสิทธิภาพ(รวมถึงอากาศรอบๆด้วย) ที่เป็นส่วนของไดอิเล็กตริกแบบตัวเก็บประจุ



รูปที่ 2.1 การทำงานของเซ็นเซอร์ Hall-effect ร่วมกับแม่เหล็กถาวร

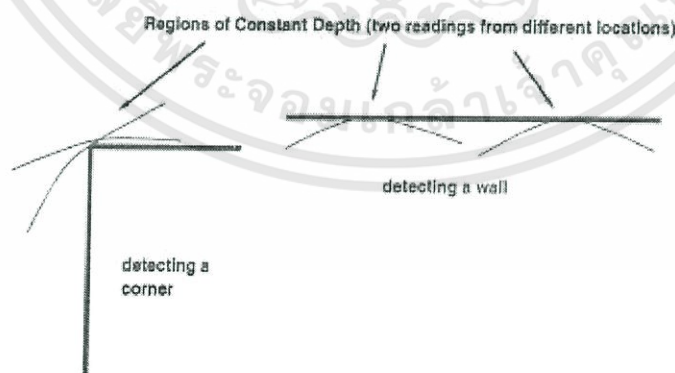
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่นเดียวกัน เซ็นเซอร์ที่มีพื้นฐานบนค่าการเก็บประจุจะมีพิสัยจำกัดด้วยเช่นกัน แม้ว่าสารที่ไม่ใช่เฟอร์ไรต์จะให้การตอบสนองเพิ่มขึ้น แต่ระดับสัญญาณที่ตรวจจับได้จะมีค่าน้อยกว่าการตรวจจับวัสดุเฟอร์ไรต์ด้วย; ตัวอย่างเช่น เหล็กจะทำให้การตอบสนองสูงกว่าจาก PVC ที่ระยะเดียวกันถึง 2.5 เท่า

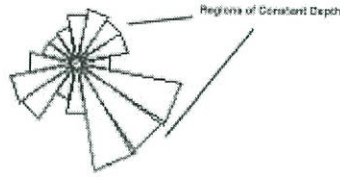
2.1.4 โชนาร์

ผลงานยิ่งใหญ่ที่ได้คือการใช้เซ็นเซอร์แบบโชนาร์(เสียงอุลตรา) ในงานด้านรถติดตามสำหรับระบบเซ็นเซอร์เสียงอุลตราโดยทั่วไป เสียงของอุลตราจะถูกปล่อยออกมาเป็นช่วงๆ จาก ทรานดั้มเซอร์ทางเสียงลำแสงแคบ เสียงอุลตราที่ออกมานี้จะสะท้อนจากผิวรอบๆ และสามารถตรวจจับได้ที่เซ็นเซอร์หลังเวลาผ่านไป T ช่วงเวลานี้คือเวลาที่ออกไปและกลับมา เนื่องจากความเร็วของเสียงในอากาศนั้นหาได้ จึงเป็นเรื่องง่ายที่จะคำนวณระยะจากตัวส่งไปยังผิวสะท้อน โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและเวลา

ข้อดีหลักของการนำวิธีตรวจจับแบบเสียงอุลตรามาใช้คือการตอบสนองของเซ็นเซอร์ที่ขึ้นกับวัตถุที่จะตรวจจับนั้นลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับวิธี Opto-sensing และเรดาร์ แสดงให้เห็นประโยชน์เมื่อนำมาใช้ภายในอย่างชัดเจน ที่ซึ่งจะตรวจจับสิ่งกีดขวางต่างๆได้ แม้จะมีผิวที่แตกต่างกัน ส่วนข้อเสียก็คือ สนามเซ็นเซอร์นี้มีรูปร่างเป็นรูปกรวย; วัตถุที่ตรวจจับได้จะอยู่ที่ใดก็ได้หากอยู่ในกรวย ความถูกต้องของการวัดตำแหน่งนั้นขึ้นกับความกว้างของลำเซ็นเซอร์ นอกจากนี้ ปรากฏการณ์ที่เรียกว่า Specular Reflectins สามารถทำให้การวัดผิดพลาดไปได้ หากลำแสงเสียงอุลตราชนผิวเรียบที่มุมแคบมาก ลำแสงนี้จะสะท้อนออกจากตัวรับแทนที่จะวิ่งเข้า ซึ่งทำให้ระยะที่วัดได้นั้นยาวกว่าระยะจริงที่อ่านจากเซ็นเซอร์



รูปที่ 2.2 : ความแตกต่างระหว่าง Walls และ Corners เมื่อใช้ RCD's



รูปที่ 2.3 : การกวาดของโซนาร์ 360 องศา ด้วย RCD's สองตัว

มีวิธีหลายวิธีที่ได้รับการพัฒนาเพื่อเอาชนะ Specular Reflections วิธีหนึ่งที่น่ามาใช้คือ “Regions of constant depth หรือย่านระยะลึกคงที่” หากทำการกวาดของโซนาร์ 360 องศา (ตัวอย่าง) ส่วนสำคัญเส้นโค้งที่ระยะที่วัดได้คงที่นั้นจะอยู่ในรูปของย่านระยะลึกคงที่(RCD) ย่านเหล่านี้แปลความหมายได้โดยกวาดเซ็นเซอร์ทั้งสอง (หรือมากกว่า) จากตำแหน่งที่และต่างกัน และเปรียบเทียบเส้นโค้ง RCD's หากเส้นโค้งเหล่านี้ตัดกัน แสดงให้เห็นว่ามีมุมที่อยู่จุดตัด หากเส้นโค้งนี้เกิดจาก flat watt จะทำมุมของระนาบการสะท้อน หากเส้นโค้งเหล่านี้เกิดจาก flat wall จะทำมุมกับระนาบสะท้อน

เรื่องที่ 3 ที่เหนือกว่านั้นเกี่ยวข้องกับรูปแบบของเซ็นเซอร์เสียงอุลตรา หากเซ็นเซอร์ตัวหนึ่งตรวจจับพัลส์ที่สะท้อนจากเซ็นเซอร์อีกตัวหนึ่ง หรือที่เรียกว่าเกิด “crosstalk” ขึ้น การแก้ปัญหาทำได้โดยรวมรหัสของสัญญาณจากเซ็นเซอร์ หรือควบคุมเวลาที่เซ็นเซอร์ต่างๆ ให้ป้องกันการตรวจจับที่ผิดพลาด

เซ็นเซอร์เสียงอุลตรานันมีประสิทธิภาพที่ระยะไกลกว่าวิธีการใช้เซ็นเซอร์ที่ได้กล่าวมาข้างต้น แม้ว่าค่านี้ถึงการลดทอนคลื่นเสียงในบรรยากาศที่เพิ่มขึ้นที่ความถี่สูงก็ตาม นั่นหมายความว่ารถติดตามนั้นจะมีอิสระในการเคลื่อนที่มากขึ้น และสามารถตรวจจับสิ่งกีดขวางในระยะที่ไกลขึ้น ทำให้มีเวลาในการคำนวณเส้นทางที่จะเคลื่อนที่ไปได้ทัน

ตามการทดสอบที่ทำขึ้นโดยบริษัท Mitsubishi ได้แสดงให้เห็นว่าเซ็นเซอร์เสียงอุลตราที่สแกนทางกลศาสตร์นั้นสามารถตรวจจับตำแหน่งของคนที่ยืนอยู่ภายในห้องได้ นอกจากนี้ยังนำระบบนี้รวมไว้กับระบบการตรวจสอบทางอิเล็กทรอนิกส์ด้วย

ข้อดีของระบบสแกนทางอิเล็กทรอนิกส์เมื่อเปรียบเทียบกับระบบทางกลศาสตร์คือเซอร์โวที่นำมาใช้หมุนและปรับความเอียงลำแสงเซ็นเซอร์นั้นจะให้สัญญาณรบกวนด้านการสั่น และการติดตั้งนั้นค่อนข้างเป็นระบบใหญ่ ระบบสแกนทางอิเล็กทรอนิกส์นั้นสามารถนำมาใช้เป็ยงลำแสงโดยทำให้เฟสของส่วน emitter รวมกันไปในทิศทางที่ต้องการ การศึกษาที่ทำขึ้นโดยบริษัท Mitsubishi เน้นให้เห็นถึงปัญหาด้านความละเอียด ความเชื่อถือได้ และเวลาในการประมวลผลที่ต้องแก้ปัญหาที่ได้กล่าวมาข้างต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซนเซอร์ที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้จะไม่มีคามยืดหยุ่น แต่ง่ายในการติดตั้ง และนำมาใช้ ระบบเซนเซอร์หลายตัวนั้นนำมาใช้เพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่การตรวจสอบได้ทั้งหมด

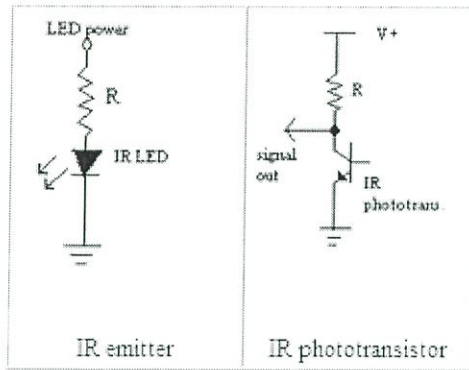
2.1.5 อุปกรณ์หาระยะโดยเลเซอร์

ยังกล่าวถึงเซนเซอร์เหล่านี้ว่าเป็นเรดาร์เลเซอร์ หรือ “Lidar” ซึ่งนำมาใช้กันทั่วไปในรถติดตามและทำหน้าที่ในรูปแบบเดียวกับกับเซนเซอร์โซนาร์ที่แสดงรายละเอียดข้างต้น; แทนที่จะปล่อยสัญญาณพัลส์ของเสียงอุลตราออกมา แต่ใช้พัลส์ของแสงใกล้คลื่นอินฟราเรดออกมาแทน เช่นเดิมจะใช้เวลาไปกลับเพื่อหาระยะถึงวัตถุที่ตรวจจับได้ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากความเร็วแสงนั้นเร็วกว่าความเร็วของเสียงในอากาศที่อุณหภูมิห้อง (สูงกว่า 1 ล้านเท่า) นั้นหมายความว่าในการวัดเวลาไปกลับนั้นต้องวัดอย่างละเอียดด้วย

เนื่องจากความยาวคลื่นนั้นยังสั้นกว่ามากด้วย ความน่าจะเป็นของการสะท้อนรวมจากผิวที่เรียบจะลดลง ดังนั้นวิธีการสะท้อนจะไม่นำมาพิจารณา ความถูกต้องของเซนเซอร์เลเซอร์ทางการค้าโดยทั่วไป

2.1.6 ตัวส่ง IR

ตัวส่งสัญญาณ IR นั้นคือ LED ที่ปล่อยแสงด้วยความความคลืนประมาณ 950 nm ออกมา สำหรับอุปกรณ์ในการส่งสัญญาณ IR นั้นในที่นี้จะกล่าวถึง 2 ประเภทด้วยกัน คือ IR phototransistors (หรือทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายกระแสที่เปลี่ยนค่า โดยมีค่าแรงดันที่เบสตามปริมาณของแสงที่ตกกระทบกับทรานซิสเตอร์ชนิดนี้) และ IR modules (ที่โดยปกติแล้ว สถานะของเอาต์พุตนั้นคือ “high” และเป็น “low” เมื่อตรวจจับสัญญาณ IR ที่ความถี่เฉพาะได้) ความแตกต่างระหว่าง IR phototransistors และ IR modules เป็นดังนี้ IR phototransistors นั้นไวต่อแสงในเวลากลางวัน และมีระยะเวลาการใช้งานที่สั้น (ไม่ตรวจจับสัญญาณใดๆ ที่มาจากแหล่งจ่ายที่อยู่ห่างเกิน 5 cm) ส่วน IR modules นั้นค่อนข้างเสถียร และตรวจจับสัญญาณได้ไกลกว่า 3 m แต่สัญญาณที่ส่งออกมานั้นต้องได้รับการ modulate ความถี่ ข้อเสียอีกอย่างคือเอาต์พุตของ IR modules นั้นอาจจะมีสถานะเป็น high หรือ low ขณะที่เอาต์พุตของ IR phototransistors นั้นเป็น แบบอนาล็อก ที่ทำให้เราสามารถบอกได้ทันทีว่าตัวรับสัญญาณ IR นี้กำลังหมุนหรือเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่ถูกต้อง (หรือทิศทางสัญญาณแรงขึ้น) ขณะที่มองหาตำแหน่งการสะท้อนของสัญญาณ)

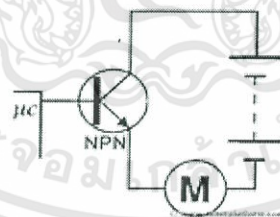


รูปที่ 2.4 วงจร IR emitter และ IR phototransistor

2.2 การควบคุมมอเตอร์เพื่อควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของรถติดตามโดย IC L293D

2.2.1 พื้นฐานวงจร H-Bridge หรือวงจรขับมอเตอร์

โดยทั่วไปแล้ว แม้แต่รถติดตามต้องการมอเตอร์เพื่อหมุนล้อ หรือการเคลื่อนที่ต่างๆ เนื่องจากมอเตอร์นั้นต้องการกระแสที่สูงกว่าที่ขาไมโครคอนโทรลเลอร์จะจ่ายให้ได้ จึงต้องการสวิทช์(ทรานซิสเตอร์ MOSEFT รีเลย์ และอื่นๆ) ที่สามารถรองรับการขยายกระแสต่ำ ขยาย และสร้างกระแสสูงได้ เพื่อนำมาขับมอเตอร์ ขบวนการทั้งหมดนี้เกิดขึ้นได้โดยตัวขับมอเตอร์



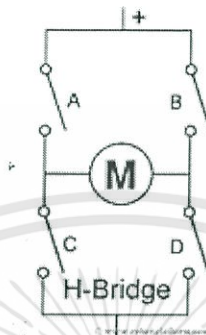
รูปที่ 2.5 NPN ทรานซิสเตอร์เพื่อขับมอเตอร์

โดยพื้นฐานแล้ว ตัวขับมอเตอร์คือตัวขยายกระแส ที่นำสัญญาณกระแสต่ำจากไมโครคอนโทรลเลอร์ และให้สัญญาณกระแสสูงที่เป็นสัดส่วนกัน ที่สามารถนำมาควบคุมและขับมอเตอร์ได้ เกือบทุกกรณี ทรานซิสเตอร์นั้นสามารถทำหน้าที่เป็นสวิทช์และขับมอเตอร์ให้หมุนไปในทิศทางหนึ่งๆ

กาหมุนและหยุดมอเตอร์นั้นใช้สวิทช์ตัวเดียวควบคุมในทิศทางเดียว หากต้องการให้มอเตอร์หมุนกลับทิศ ทำได้โดยการกลับขั้วแหล่งจ่ายไฟ โดยใช้สวิทช์ทั้ง 4 ที่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียงกันเพื่องานนี้โดยเฉพาะ คือวงจรนี้ไม่เพียงขับมอเตอร์เท่านั้น แต่ยังควบคุมทิศทางการหมุนด้วย การออกแบบนี้คือการออกแบบวงจรในรูปของ H-Bridge นั่นเอง

ตามรูปด้านล่าง วงจรนี้มีสวิตช์ด้วยกัน 4 ตัว คือ A, B, C และ D หากปิดและเปิดสวิตช์เหล่านี้ ในรูปแบบต่างๆ สามารถขับมอเตอร์ได้หลายรูปแบบ ดังนี้



รูปที่ 2.6 วงจร H-Bridge สำหรับขับมอเตอร์

1. เมื่อสวิตช์ A และ D “On” ทำให้มอเตอร์หมุนในทิศตามเข็มนาฬิกา
2. เมื่อสวิตช์ B และ C “On” ทำให้มอเตอร์หมุนในทิศทวนเข็มนาฬิกา
3. เมื่อสวิตช์ A และ B “On” ทำให้มอเตอร์หยุดหมุน
4. เมื่อสวิตช์ทุกตัว “On” ทำให้มอเตอร์หมุนอย่างอิสระ
5. สุดท้าย เมื่อให้สวิตช์ A และ C หรือสวิตช์ B และ D “On” พร้อมกัน จะทำให้ลัดวงจรทั้งหมด จึงต้องหลีกเลี่ยงการใช้งานในรูปแบบนี้

สร้างวงจร H-Bridge ได้จากกริเลย์ MOSFETS, BJT และอื่นๆ แต่หากไม่ต้องการใช้กระแสสูง หรือ

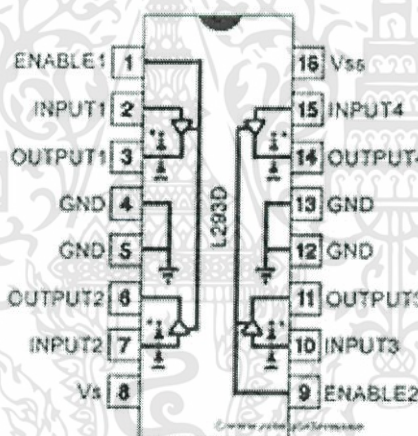
ต้องการขับ DC มอเตอร์ขนาดเล็ก ในสองทิศทาง สามารถนำ L293D IC ซึ่งเป็น IC ขับมอเตอร์มาใช้ได้

โดยทั่วไปแล้ว IC L293D นั้นมาในรูปแบบ 16 ขา สามารถขับมอเตอร์ได้สองตัวในสองทิศทาง คือเดินหน้าและถอยหลัง โดยใช้ขาไมโครคอนโทรลเลอร์เพียง 4 ขาเท่านั้น คุณสมบัติทั่วไปของ L293D มีดังต่อไปนี้

1. จำกัดกระแสเอาต์พุตไว้ที่ 600 mA ต่อช่อง และกระแสเอาต์พุตสูงสุดคือ 1.2A
2. ระดับแรงดันแหล่งจ่ายไฟสูงถึง 36 โวลต์ จึงไม่ต้องกังวลเกี่ยวกับการรักษา ระดับแรงดัน
3. L293D มีขา enable ที่ช่วยให้เรา enable ขาเอาต์พุต IC นี้ได้ เมื่อตั้งค่าขา enable เป็น “High” ทำให้สถานะของอินพุตเหมือนกับสถานะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรณำไปใช้

- เอาท์พุท หากตั้งค่าสถานะที่ขาเป็น “low” สถานะเอาท์พุทจะไม่ส่งสัญญาณใดๆ ออกมา
4. มีส่วนป้องกันอุณหภูมิสูงเกิน ในตัว IC เอง หมายความว่าเซนเซอร์ภายใน จะตรวจจับอุณหภูมิ และหยุดการขับเคลื่อนมอเตอร์หากอุณหภูมิสูงเกินที่กำหนดไว้
 5. รูปแบบอื่นของ L293D ที่สำคัญคือ clamp diodes ภายใน ที่ช่วยป้องกัน IC นี้จากการกระเพื่อมของแรงดัน ที่เกิดขึ้นเมื่อขดลวดของมอเตอร์ได้รับการจ่ายและหยุดจ่ายไฟ
 6. ค่าลอจิก “low” ในตัว IC คือ 1.5 โวลต์ หมายความว่าขานี้จะถูกตั้งค่าเป็น “high” เมื่อแรงดันตกคร่อมขาเป็น 1.5 โวลต์เท่านั้น ซึ่งเหมาะสมเพื่อนำมาใช้งานความถี่สูง เช่น สวิตซิง (สูงถึง 5 kHz)
 7. วงจรรวมนี้ไม่เพียงขับ DC มอเตอร์เท่านั้น แต่ยังสามารถขับโซลินอยด์ของรีเลย์ stepper มอเตอร์ และอื่นๆ ได้ด้วย



รูปที่ 2.7 IC L293D

2.2.2 การต่อ L293D

วงจรด้านล่าง คือการนำ L293D มาใช้กันทั่วไป โดยขา IC แต่ละขา มีหน้าที่ดังต่อไปนี้

1. ขา 1 และ 9 คือขา “Enable” ควรต่อเข้ากับไฟ +5 โวลต์ เพื่อทำหน้าที่ขับ หากมีสถานะเป็น “low” เอาท์พุทจะไม่ปล่อยสัญญาณออกมา ไม่ว่าอินพุทจะเป็นอะไรก็ตาม ทำให้มอเตอร์หยุดหมุน
2. ขา 4, 5, 12, และ 13 คือขากาวด์ ซึ่งควรจะต่อเข้ากับกราวด์ของไมโครคอนโทรลเลอร์

3. ขา 2, 7, 10 และ 13 คือขาอินพุทลอจิก หรือขาควบคุม ซึ่งควรต่อเข้ากับขาไมโครคอนโทรลเลอร์ ขา 2 และขา 7 นั้นควบคุมมอเตอร์ตัวแรก(ซ้าย) และขา 10 และ 15 ควบคุมมอเตอร์ตัวที่สอง(ขวา)
4. ขา 3, 6, 11 และขา 14 คือขาเอาต์พุท ขา 3 และ 6 เข้ากับมอเตอร์แรก ส่วนขา 11 และ 14 เข้ากับมอเตอร์ตัวที่สอง
5. ขา 16 จ่ายไฟเลี้ยงให้ IC และควรต่อเข้ากับแรงดันไฟคงที่ +5 โวลต์
6. ขา 8 จ่ายไฟเลี้ยงให้แก่มอเตอร์สองตัว และควรต่อเข้ากับขาบวกของแบตเตอรี่ที่สอง

2.2.3 ระดับแรงดันใช้งาน

Vcc คือแรงดันที่ต้องใช้ขั้วการทำงานของ IC L293D มีค่าเป็น 5 โวลต์ อย่างไรก็ตาม L293D ไม่ได้ใช้ค่าแรงดันนี้ในการขับมอเตอร์ แต่ต้องใช้แรงดัน VSS อีกส่วนในการขับมอเตอร์ นั้นหมายความว่า หากต้องการขับมอเตอร์ขนาด 9 โวลต์ ต้องจ่ายไฟ 9 โวลต์ให้แก่แหล่งจ่ายไฟมอเตอร์ VSS ด้วย

แรงดันสูงสุดสำหรับแหล่งจ่ายไฟมอเตอร์ VSS คือ 36 โวลต์ และให้กระแสสูงสุด 600 mA ต่อช่อง เนื่องจากสามารถขับมอเตอร์ได้ถึง 36 โวลต์ จึงสามารถนำ L293D มาขับมอเตอร์ขนาดใหญ่ได้

ขา 16 หรือขา VCC นั้นคือขาแรงดันสำหรับการใช้งานภายใน แรงดันสูงสุดนี้อยู่ในช่วง 5 โวลต์ ถึง 36 โวลต์

2.2.4 ตารางความจริง

หากต้องการควบคุมมอเตอร์ด้านซ้าย ที่ต่อเข้ากับขา 3(O1) และขา 6 (O2) ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น เราต้องใช้ขาทั้ง 3 นี้ควบคุมมอเตอร์ คือ ขา 1(E1), ขา 2(I1) และขา 7(I2) ด้านล่างคือตารางความจริงที่แสดงการทำงานของ IC ขับมอเตอร์นี้

ตารางที่ 2.1 ตารางความจริงสำหรับ IC ขับมอเตอร์ L293D

ขา 1	ขา 2	ขา 3	หน้าที่
High	High	Low	หมุนทวนเข็มนาฬิกา
High	Low	High	หมุนตามเข็มนาฬิกา
High	High	High	หยุดมอเตอร์
High	Low	Low	หยุดมอเตอร์
Low	X	X	หยุดมอเตอร์

หมายเหตุ: High ประมาณ + 5 โวลต์, Low ประมาณ 0 โวลต์, X = High หรือ Low(don't care)

จากตารางความจริง จะเห็นได้ว่าหากขา 1(E1) มีสถานะเป็น “low” มอเตอร์จะหยุดหมุนไม่ขึ้นกับสถานะของขา 2 และขา 7 ดังนั้นจำเป็นที่ต้องทำให้ E1 มีสถานะเป็น “high” เพื่อให้วงจรขยับนี้ทำหน้าที่ หรือต่อขา enable เข้ากับไฟเลี้ยง 5 โวลต์

เมื่อขา 1 “high” หากขา 2 มีสถานะเป็น high และขา 7 มีสถานะเป็น “low” กระแสที่ไหลจากขา 2 ไปยังขา 7 จะขับมอเตอร์ในทิศทวนเข็มนาฬิกา และหากสถานะของขา 2 และขา 7 กลับทิศ กระแสจะไหลจากขา 7 ไปยังขา 2 และขับมอเตอร์ในทิศตามเข็มนาฬิกา

หลักการข้างต้นเป็นจริงสำหรับอีกด้านของ IC ด้วย ต่อมอเตอร์เข้ากับขา 11 และขา 14 ส่วนขา 10 และขา 15 คือขาอินพุท และขา 9(E2) นั้น enables วงจรขยับนี้

2.3 DC มอเตอร์

DC มอเตอร์นั้นมีด้วยกันหลายชนิด และหลายขนาด ตัวมอเตอร์นั้นประกอบด้วย rotor และ stator สนามแม่เหล็กถาวร รักษาสนามแม่เหล็กไว้ โดยใช้ทั้งแม่เหล็กถาวร หรือขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า DC มอเตอร์นั้นนิยมใช้กันมากที่สุดสำหรับความเร็วและทอร์คที่แตกต่างกันไป

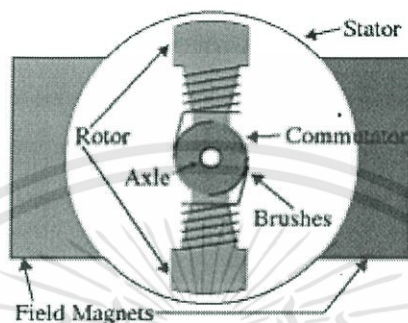
การเคลื่อนที่และการควบคุมนั้นครอบคลุมอุปกรณ์หลายรูปแบบ ที่นำมาใช้เพื่อทำให้เกิดและควบคุมการเคลื่อนที่ อันได้แก่ ลูกปืน bushings คลัทช์ และเบรก ควบคุม และขับ อุปกรณ์สำหรับขับ ตัวเข้ารหัส และถอดรหัส การควบคุมการควบคุมรวม สวิตช์จำกัด actuators. เชิงเส้น อุปกรณ์สำหรับการเคลื่อนที่แบบโรตารีและแบบเชิงเส้น เซนเซอร์ตำแหน่งเชิงเส้น มอเตอร์(ทั้ง AC และ DC มอเตอร์) เซนเซอร์ทิศทางตำแหน่ง อุปกรณ์ในส่วน pneumatics และ pneumatic สถานะตำแหน่ง สไลด์และไกด์ power transmission(กลศาสตร์) seals slip rings, solenoids สปริง

มอเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ให้ความเร็วและทอร์คที่แน่นอนในการขับเคลื่อน กลุ่มของมอเตอร์ได้แก่ ชนิด AC(มอเตอร์เฟสเดียวและหลายเฟส, universal, เซอร์โว มอเตอร์ induction synchronous และ gear มอเตอร์) และ DC มอเตอร์(brush less, servo motor และ gear motor) เช่นเดียวกับ linear stepper และ air motors และ motor contactors และ starters

สำหรับมอเตอร์ทางไฟฟ้าใดๆ การทำงานนั้นมีพื้นฐานบนแม่เหล็กไฟฟ้าอย่างง่าย ตัวนำกระแสจะสร้างสนามแม่เหล็ก และเมื่อนำมาไว้ในสนามแม่เหล็กภายนอก จะได้รับแรงกระทำที่เป็นสัดส่วนกับปริมาณกระแสในตัวนำนี้ และขนาดของสนามแม่เหล็กภายนอกนี้ ขั้วแม่เหล็กตรงข้ามจะดูดกัน และขั้วแม่เหล็กชนิดเดียวกันผลักกัน รูปแบบเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในของ DC มอเตอร์นั้นได้รับการออกแบบให้รองรับอันตรกริยาแม่เหล็กระหว่างตัวนำ นำกระแสและสนามแม่เหล็กภายนอกที่ทำให้เกิดการหมุนของมอเตอร์

พิจารณามอเตอร์ไฟฟ้า DC ชนิด 2 ขั้วอย่างง่าย(สีแดงแสดงแม่เหล็กหรือขดลวด โดยมีขั้วแม่เหล็กเป็นขั้ว “เหนือ” ขณะที่สีเขียวแทนแม่เหล็กหรือขดลวดที่มีขั้วแม่เหล็ก เป็นขั้ว “ใต้”)



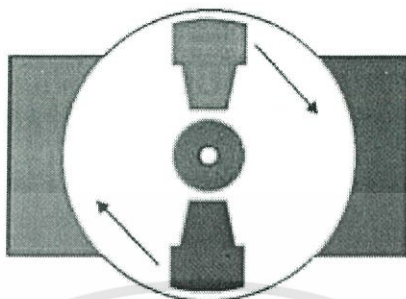
รูปที่ 2.8 DC มอเตอร์พร้อมส่วนประกอบภายใน

DC มอเตอร์นั้นมีส่วนพื้นฐานด้วยกัน 6 ส่วน อันได้แก่ แกน โรเตอร์ สเตเตอร์ คอมมิวเตเตอร์ แม่เหล็กสนาม และ brushes สำหรับ DC มอเตอร์ทั่วไป สนามแม่เหล็กภายนอกนั้นเกิดจากแม่เหล็กถาวรความเข้มสูง สเตเตอร์นั้นเป็นส่วนของมอเตอร์ที่ไม่เคลื่อนที่ รวมถึง ตัวถังมอเตอร์ เช่นเดียวกับส่วนของแม่เหล็กถาวร โรเตอร์(รวมถึงแกน และคอมมิวเตเตอร์ที่ต่อเข้าด้วยกัน) หมุนตามสเตเตอร์ โรเตอร์นี้ประกอบด้วยขดลวด(มักเป็นแกน) ส่วนนี้จะต่อเข้ากับคอมมิวเตเตอร์ในรูปแบบทางไฟฟ้า แผนผังข้างต้นแสดงให้เห็นรูปแบบมอเตอร์ทั่วไป โดยมีโรเตอร์อยู่ในแม่เหล็กสเตเตอร์

การวางตัวของ brushes ผิวสัมผัสคอมมิวเตเตอร์ และ rotor windings นั้นอยู่ในรูปแบบที่เมื่อจ่ายกำลังไฟเข้ามา ขั้วของขดลวดที่ได้รับพลังงานและแม่เหล็กสเตเตอร์นั้นจะไม่ซ้อนกัน และโรเตอร์จะหมุนจนกระทั่งเกือบซ้อนทับกับสนามแม่เหล็กของสเตเตอร์ เมื่อโรเตอร์ซ้อนทับกัน brushes จะเคลื่อนที่ไปยังผิวสัมผัสของคอมมิวเตเตอร์ และให้พลังงานแก่ winding ต่อไป จากคำอธิบายข้างต้น มอเตอร์ชนิดสองขั้ว การหมุนจะกลับทิศของกระแสผ่าน rotor winding ทำให้เกิดการ “กลับ” สนามแม่เหล็กของโรเตอร์ และทำให้มอเตอร์นี้หมุนต่อไป

สำหรับ DC มอเตอร์แล้ว มักจะประกอบด้วย 2 ขั้วเสมอ เพื่อหลีกเลี่ยง “จุดบอด” ในคอมมิวเตเตอร์ หากโรเตอร์นี้อยู่ที่ตำแหน่งกลางของการหมุน(ซ้อนทับสนามแม่เหล็กอย่างสมบูรณ์) จะ “ติด” อยู่ที่นั่น ขณะเดียวกันมอเตอร์ชนิดสองขั้ว จะมีขั้วขณะที่คอมมิวเตเตอร์ขนาดไฟเลี้ยง(เช่น brushes ทั้งสองจะสัมผัสทั้งผิวคอมมิวเตเตอร์

ทันที) ทำให้เป็นสิ่งที่แย่มากสำหรับแหล่งจ่าย คือสูญเสียพลังงาน และทำให้ส่วนของมอเตอร์เสียหายได้ ข้อเสียอีกอย่างสำหรับมอเตอร์อย่างง่ายนี้คือจะให้ “ripple” ทอร์ค สูง (ทอร์คปริมาณนี้ที่เกิดขึ้นซ้ำแล้วซ้ำเล่าในโรเตอร์)



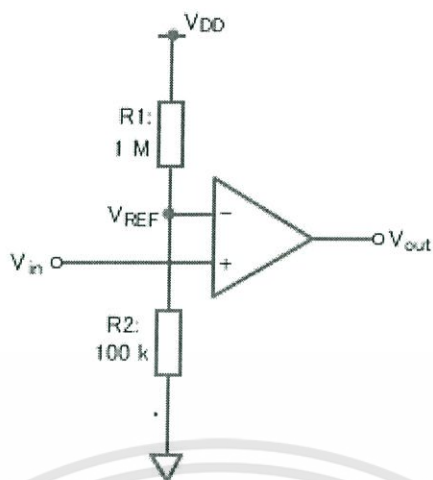
รูปที่ 2.9 รูปแบบการหมุนของ DC มอเตอร์

2.4 วงจรเปรียบเทียบระดับแรงดัน สำหรับเอาต์พุตลอจิก “1” และ “0” หรือ Comparator Circuit

วงจรเปรียบเทียบระดับแรงดันหรือวงจร Comparator นั้นเปรียบเทียบระดับแรงดันสองแรงดันและให้เอาต์พุตเป็น “1” (แรงดันทางด้านบวก หรือ VDD ตามรูปด้านล่าง) หรือ “0” (แรงดันทางด้านลบ) เพื่อแสดงให้เห็นว่าแรงดันใดสูงกว่า มักใช้วงจรเปรียบเทียบระดับแรงดัน เพื่อตรวจสอบว่าแรงดันอินพุตนั้นถึงค่าที่กำหนดไว้หรือไม่ ในกรณีทั่วไป จะใช้วงจรในตัว IC เพื่อทำหน้าที่นี้ แต่สามารถใช้ Op-amps ได้เช่นกัน

รูปด้านล่างแสดงวงจรเปรียบเทียบระดับแรงดัน วงจรจะขยายระดับความแตกต่างระดับแรงดัน V_{in} และ V_{REF} และให้เอาต์พุตที่ขา V_{out} หากระดับแรงดัน V_{in} สูงกว่า V_{REF} แรงดันที่ V_{out} จะเพิ่มขึ้นจนถึงค่าระดับอิมิตัวที่เป็นบวก นั่นคือถึงค่าระดับแรงดันทางด้านบวก ขณะเดียวกัน หากระดับแรงดัน V_{in} ต่ำกว่าค่าระดับแรงดัน V_{REF} ขา V_{out} จะลดลงจนถึงระดับอิมิตัวทางด้านลบ มีค่าเท่ากับระดับแรงดันทางด้านลบ

หรืออีกนัยหนึ่ง สัญญาณเอาต์พุต “high” หรือ “1” นั้นเกิดขึ้นเมื่อเอาต์พุตนั้นได้จากวงจรเปิด(ไม่มีกระแสไหลเข้าหรือออก) และสัญญาณเอาต์พุต “low” หรือ “0” (เกิดการลัดวงจรเข้ากับขากราวด์) ซึ่งกล่าวได้เช่นกันว่าเอาต์พุตนั้นก็คือสวิทช์ที่ต่อกับกราวด์ สำหรับเอาต์พุต “low” สวิทช์นี้จะปิด(ต่อเข้ากับกราวด์) และสำหรับเอาต์พุต “high” สวิทช์นี้จะเปิด



รูปที่ 2.10 วงจรเปรียบเทียบระดับแรงดัน



บทที่ 3

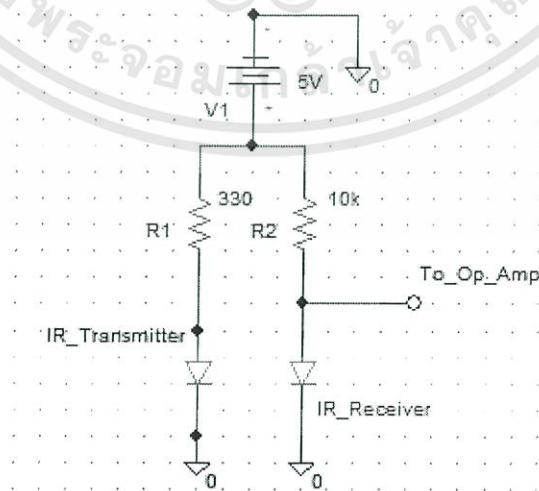
การออกแบบวงจร

3.1 เซนเซอร์ เลือก IR เซนเซอร์ชนิด Photodiode เพื่อรับและส่ง 4 ชุด เพื่อตรวจจับสิ่งกีดขวาง

และสามารถทำการตัดสินใจว่าจะเคลื่อนที่ไปทางใด หรือจะติดตาม/หลบหลีกสิ่งกีดขวางนี้ได้อย่างไร เซนเซอร์ IR นี้ทำงานโดยอาศัยหลักการสะท้อน เมื่อลำแสง Infra-red ถูกส่งไปยังวัตถุ จะสะท้อนกลับจากวัตถุนั้น ทำให้เราสามารถบอกตำแหน่งของสิ่งกีดขวางได้ นี้ได้



รูปที่ 3.1 หลักการทำงานของเซนเซอร์ IR



รูปที่ 3.2 วงจร IR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับวงจร จะเห็นได้ว่าให้แรงดันเอาต์พุตสูง เมื่อมีแสงอินฟราเรดความเข้มต่ำ ตกกระทบบ

ในส่วนของการส่งแสง IR ใช้ IR LED ที่ใช้งานด้านไบอัสตรง และ ณ จุดรับแสง IR ใช้ ตัวรับ IR เพื่อรับแสง IR และเปลี่ยนระดับแรงดัน analog ให้สอดคล้องตามความเข้มแสง IR มาตกกระทบบ

จากเซนเซอร์ IR จะได้ข้อมูล analog ซึ่งต้องเปลี่ยนข้อมูลนี้ให้อยู่ในรูป digital หรือเมื่อเห็น

วัตถุข้างหน้า แทนที่จะส่งสัญญาณแรงดัน 0 หรือ 4 V กลับมา ควรแสดงข้อมูลในรูปของ แรงดันสูง หรือต่ำ เนื่องจากเรารู้ว่า ระดับแรงดันสูง = 1 และ ระดับแรงดันต่ำ = 0

เดินหน้า

เซนเซอร์ด้านหน้าของหุ่นยนต์

หมายเลขเซนเซอร์

ผล

Data Bit

เดินหน้า

ตำแหน่งสิ่งกั้นขวาง

เซนเซอร์ด้านหน้าของหุ่นยนต์

หมายเลขเซนเซอร์

ผล

Data Bit

เดินหน้า

ตำแหน่งสิ่งกั้นขวาง

เซนเซอร์ด้านหน้าของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานทางการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเลขเซนเซอร์	1	2	3	4
ผล	เดินหน้า			
Data Bit	0	1	0	0

เลียซ้าย

ตำแหน่งสิ่งกีดขวาง



เซนเซอร์ด้านหน้าของหุ่นยนต์

หมายเลขเซนเซอร์	1	2	3	4
-----------------	---	---	---	---

ผล

เลียซ้าย

Data Bit	1	1	0	0
----------	---	---	---	---

เลียขวา

ตำแหน่งสิ่งกีดขวาง



เซนเซอร์ด้านหน้าของหุ่นยนต์

หมายเลขเซนเซอร์	1	2	3	4
-----------------	---	---	---	---

ผล

เลียขวา

Data Bit	1	0	0	0
----------	---	---	---	---

เลียขวา

ตำแหน่งสิ่งกีดขวาง



เซนเซอร์ด้านหน้าของหุ่นยนต์

หมายเลขเซนเซอร์	1	2	3	4
-----------------	---	---	---	---

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผล เลี้ยวขวา
 Data Bit 0 0 1 1

เลี้ยวขวา

ตำแหน่งสิ่งกั้นขวาง



หมายเลขเซนเซอร์ 1 2 3 4

ผล เลี้ยวขวา
 Data Bit 0 0 0 1

เดินหน้า

ตำแหน่งสิ่งกั้นขวาง

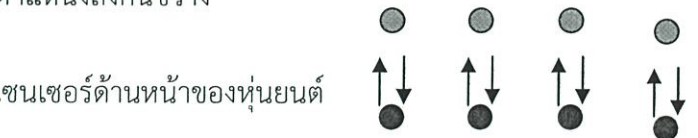


หมายเลขเซนเซอร์ 1 2 3 4

ผล เดินหน้า
 Data Bit 0 0 0 0

เดินหน้า

ตำแหน่งสิ่งกั้นขวาง



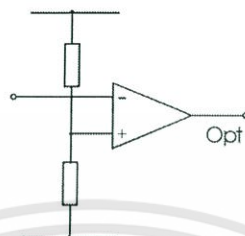
หมายเลขเซนเซอร์ 1 2 3 4

ผล เดินหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปด้านล่างแสดง comparator IC ขา 1, 7, 8 และ 14 ใช้เพื่อให้เอาต์พุตแฉวงจร
ดิจิตอล

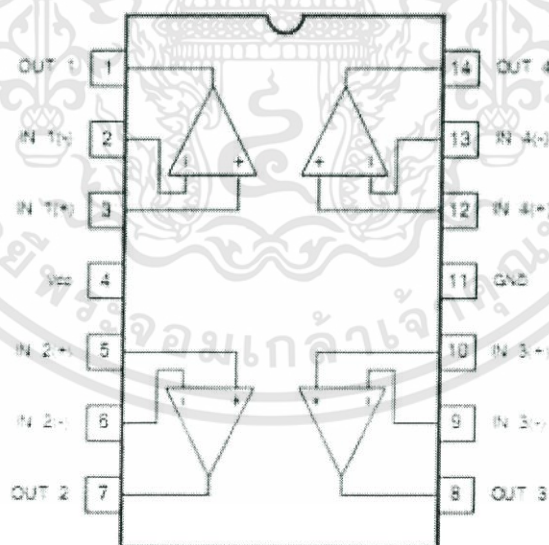
ลอจิก เราควรต่อแรงดันอ้างอิงเข้ากับขา - ของ IC lm324 และเอาต์พุตของ IR เซนเซอร์
เข้ากับขาบวก



รูปที่ 3.3 วงจร Comparator

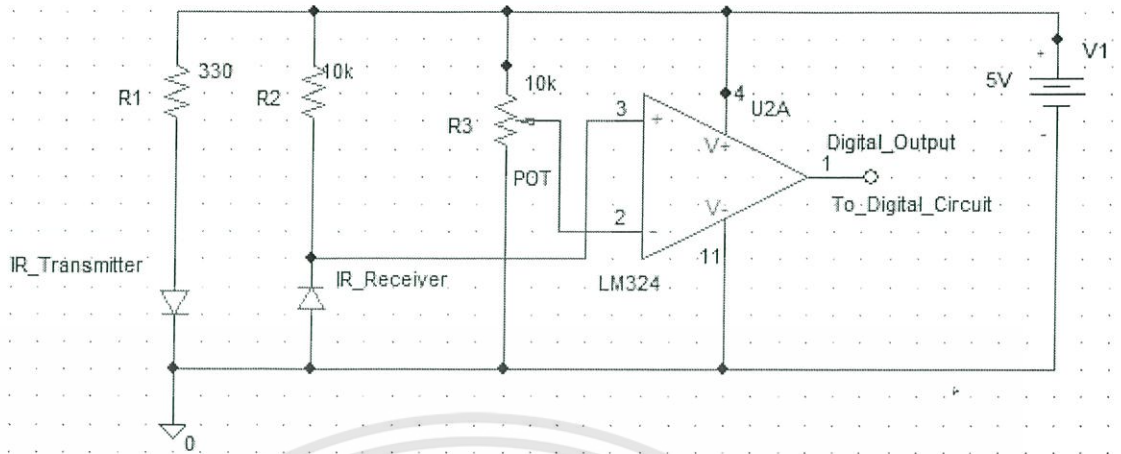
ตารางที่ ข้อมูลสำหรับ Comparator

Case	Action
+ve > -ve	+Vsat
+ve < -ve	-Vsat

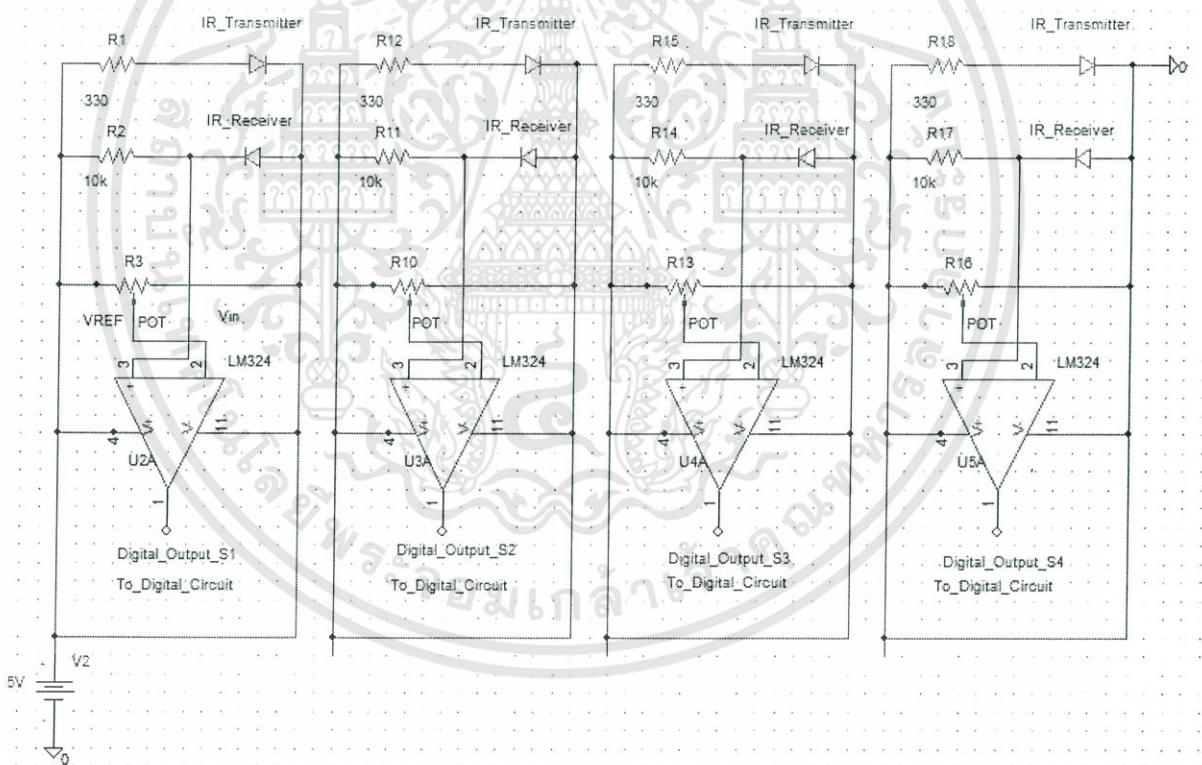


รูปที่ 3.4 Comparator IC LM324

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 IR เซนเซอร์พร้อมวงจร comparator



รูปที่ 3.6 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน(comparator) สำหรับเซนเซอร์อินฟราเรดทั้ง 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วงจรขับมอเตอร์ L293D

การทำงานของ IC ขับมอเตอร์ L293D

PUSH-PULL FOUR CHANNEL DRIVER WITH DIODES

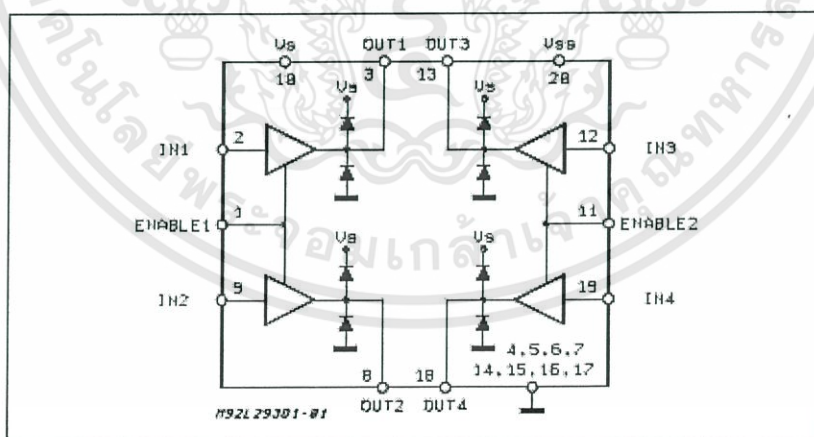
3.3.1 คุณสมบัติ

- ให้กระแสเอาต์พุต 600 mA ต่อช่อง
- ให้กระแสเอาต์พุตสูงสุด 1.2A ต่อช่อง
- ป้องกันอุณหภูมิสูงเกิน
- รับแรงดันอินพุตในรูปแบบโลจิก “0” ไปจนถึง 1.5V

3.3.2 รายละเอียด

คืออุปกรณ์ขับกระแสสูงและแรงดันสูง 4 ช่อง แบบ monolithic ที่ได้รับการออกแบบเพื่อรับระดับลอจิก DTL หรือ TTL มาตรฐาน และขับโหลดแบบเหนี่ยวนำ(เช่น รีเลย์ชนิดโซลินอยด์ มอเตอร์ชนิด stepping และ DC รวมถึงทรานซิสเตอร์สวิตซ์กำลัง

แผนผังการเชื่อมต่อ



รูปที่ 3.7 แผนผังการเชื่อมต่อขา L293D

L293D คือ IC ขับมอเตอร์ที่ใช้กันทั่วไป ให้มอเตอร์ DC หมุนได้ 2 ทิศทาง L293D นั้นเป็น IC ชนิด 16 ขาที่สามารถควบคุมมอเตอร์ DC ได้ 2 ตัวพร้อมกัน และในทิศทางใดๆ ก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 รายละเอียดการทำงาน

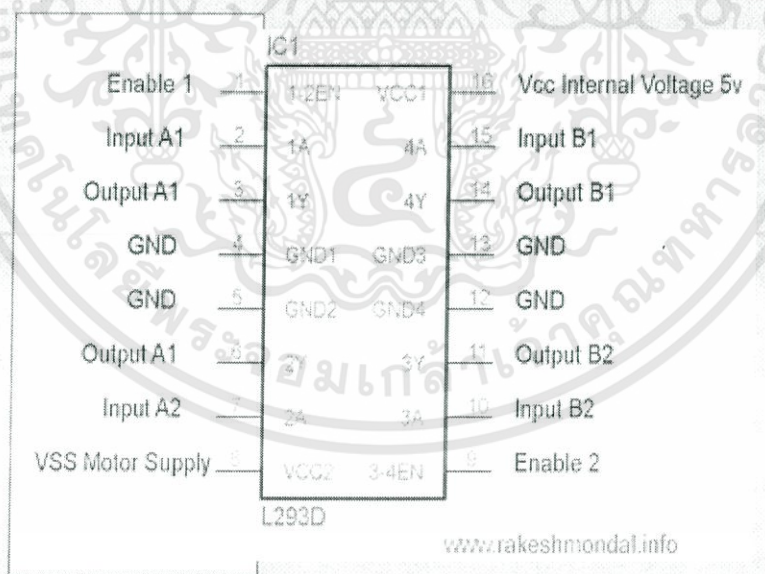
ขับเคลื่อนมอเตอร์โดยใช้หลักการของวงจร H-Bridge ซึ่งเป็นวงจรที่ให้แรงดันไฟโวลต์ได้ 2 ทิศทาง โดยการเปลี่ยนขั้วทางไฟฟ้า เพื่อสามารถหมุนมอเตอร์ในทิศตามเข็มและทวนเข็มนาฬิกาได้

L293D นี้มีวงจร H-Bridge ด้วยกัน 2 วงจร ที่แยกทำงานกันเพื่อขับเคลื่อนมอเตอร์ DC ได้อย่างอิสระ เนื่องจาก IC นี้มีขนาดเล็ก จึงเป็นที่นิยมนำมาใช้งานด้านรถติดตาม รูปด้านล่างแสดงการต่อขา L293D เพื่อนำมาควบคุมมอเตอร์

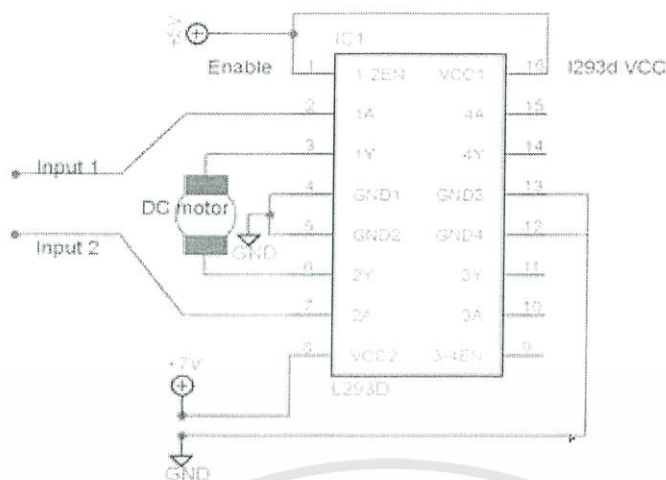
ขา Enable 2 ขา ได้แก่ขา 1 และขา 9 เพื่อที่จะให้มอเตอร์หมุน ขา 1 และขา 9 นี้ต้องมีสถานะ “High” เมื่อจะขับเคลื่อนมอเตอร์ด้วยวงจร H-Bridge ทางด้านซ้าย ต้องทำให้ขา 1 มีสถานะเป็น “High” เช่นเดียวกัน เมื่อจะขับเคลื่อนมอเตอร์ด้วยวงจร H-Bridge ด้านขวา ต้องทำให้ขา 9 มีสถานะเป็น “High” และหากขา 1 และขา 9 มีสถานะเป็น “low” มอเตอร์จะหยุดหมุน ในส่วนนี้จึงทำหน้าที่เป็นสวิตช์

การทำให้ขา 1 และขา 9 มีสถานะเป็น “High” เพียงต่อขาทั้งสองเข้ากับไฟ 5 โวลต์

3.3.4 แผนผังขา L293D



รูปที่ 3.8 แผนผังขา L293D



รูปที่ 3.9 แผนผังการต่อมอเตอร์เข้ากับ L293D

3.3.5 การทำงานของ L293D

มีขาอินพุตสำหรับ L293D จำนวน 4 ขาด้วยกัน ขา 2,7 ทางด้านซ้าย และขา 15, 10 ทางด้านขวาดังรูปข้างต้น ขาอินพุตทางด้านซ้ายจะรักษาทิศทางการหมุนของมอเตอร์ที่ต่อเข้ากับอินพุตทางด้านซ้ายและทางด้านขวาสำหรับมอเตอร์ทางด้านขวา และมอเตอร์จะหมุนตามอินพุตที่ให้กับขาอินพุต แล้วแต่สภาวะลอจิกว่าเป็น 0 หรือ 1

3.4.7 ตารางลอจิกสำหรับ L293D

สำหรับมอเตอร์ที่ต่อเข้ากับขาเอาต์พุตทางด้านซ้าย(ขา 3,6) หากต้องการหมุนมอเตอร์ในทิศตามเข็มนาฬิกา ต้องให้ขาอินพุตมีสภาวะลอจิกเป็น 1 และ 0 ตารางที่ 3.2 ตารางลอจิก L293D และการหมุนของมอเตอร์

สภาวะลอจิก	ขา		การหมุนของมอเตอร์
	2	7	
1	0	0	ตามเข็มนาฬิกา
0	1	0	ทวนเข็มนาฬิกา
0	0	1	หยุดหมุน
1	1	1	หยุดหมุน

เช่นเดียวกัน สามารถควบคุมมอเตอร์อีกตัวได้ โดยใช้ขาอินพุต 10 และ 15 สำหรับมอเตอร์ทางด้านขวา นั่นคือ

ตารางที่ 3.3 ตารางลอจิก L293D สำหรับอินพุตทั้ง 4 และการหมุนของมอเตอร์ 2 ตัว

	ขา				การหมุนของมอเตอร์		การเคลื่อนที่
	2	7	15	10	มอเตอร์ 1	มอเตอร์ 2	
สภาวะลอจิก	0	0	0	0	หยุดหมุน	หยุดหมุน	หยุดนิ่ง
	0	0	0	1	หยุดหมุน	ทวนเข็ม	เลี้ยวขวา
	0	0	1	0	หยุดหมุน	ตามเข็ม	เลี้ยวซ้าย
	0	0	1	1	หยุดหมุน	หยุดหมุน	หยุดนิ่ง
	0	1	0	0	ทวนเข็ม	หยุดหมุน	เลี้ยวซ้าย
	0	1	0	1	ทวนเข็ม	ทวนเข็ม	ถอยหลัง
	0	1	1	0	ทวนเข็ม	ตามเข็ม	เลี้ยวซ้าย
	0	1	1	1	ทวนเข็ม	หยุดหมุน	เลี้ยวซ้าย
	1	0	0	0	ตามเข็ม	หยุดหมุน	เลี้ยวขวา
	1	0	0	1	ตามเข็ม	ทวนเข็ม	เลี้ยวขวา
	1	0	1	0	ตามเข็ม	ตามเข็ม	เดินหน้า
	1	0	1	1	ตามเข็ม	หยุดหมุน	เลี้ยวขวา
	1	1	0	0	หยุดหมุน	หยุดหมุน	หยุดนิ่ง
	1	1	0	1	หยุดหมุน	ทวนเข็ม	เลี้ยวขวา
	1	1	1	0	หยุดหมุน	ตามเข็ม	เลี้ยวซ้าย
1	1	1	1	หยุดหมุน	หยุดหมุน	หยุดนิ่ง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 ตารางลอจิก สำหรับเอาต์พุตจากเซนเซอร์ทั้ง 4 และรูปแบบการเคลื่อนที่

ตำแหน่งรถด้านหน้า	0	1	2	3	4	5
ตำแหน่ง(หมายเลข)เซนเซอร์	1	2	3	3	4	

	เซนเซอร์(อินพุต)				เอาต์พุต(เข้าที่ขา)				รูปแบบการเคลื่อนที่
	1	2	3	4	2	7	15	10	
สภาวะลอจิก	0	0	0	0	1	1	1	1	หยุดหมุน
	0	0	0	1	1	1	0	1	เลี้ยวขวา
	0	0	1	0	1	0	1	0	เดินหน้า
	0	0	1	1	1	1	0	1	เลี้ยวขวา
	0	1	0	0	1	0	1	0	เดินหน้า
	0	1	0	1	1	0	1	0	เดินหน้า
	0	1	1	0	1	0	1	0	เดินหน้า
	0	1	1	1	1	0	1	0	เดินหน้า
	1	0	0	0	1	1	1	0	เลี้ยวซ้าย
	1	0	0	1	1	0	1	0	เดินหน้า
	1	0	1	0	1	0	1	0	เดินหน้า
	1	0	1	1	1	0	1	0	เดินหน้า
	1	1	0	0	1	1	1	0	เลี้ยวซ้าย
	1	1	0	1	1	0	1	0	เดินหน้า
1	1	1	0	1	0	1	0	เดินหน้า	
1	1	1	1	1	0	1	0	เดินหน้า	

3.4 วงจรดิจิทัลลอจิกเพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของรถติดตาม

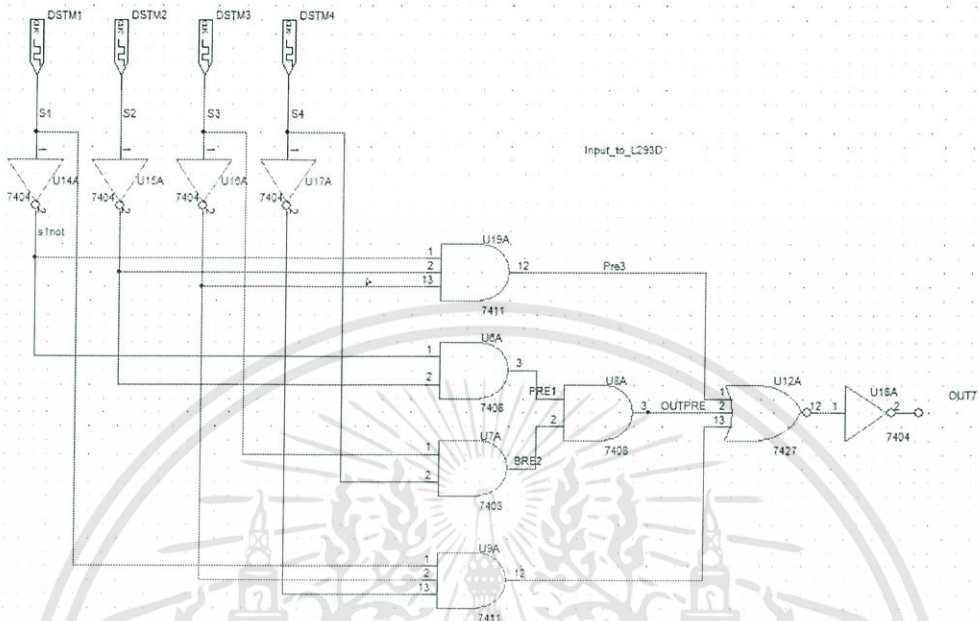
สำหรับวงจรดิจิทัลลอจิกที่ได้รับการออกแบบเพื่อให้สัญญาณสำหรับควบคุมการเคลื่อนที่ของรถติดตาม ผ่านวงจรขั้วมอเตอร์ L293D ที่ใช้สัญญาณ 4 เส้นเพื่อขั้วมอเตอร์ 2 ตัว แสดงดังวงจรต่อไปนี้

3.4.1 วงจรลอจิกสำหรับขาอินพุต 2 IC293D

ตามตารางความจริง ให้ต่อขาอินพุต 2 เข้าโดยตรงกับไฟเลี้ยง 5 โวลต์

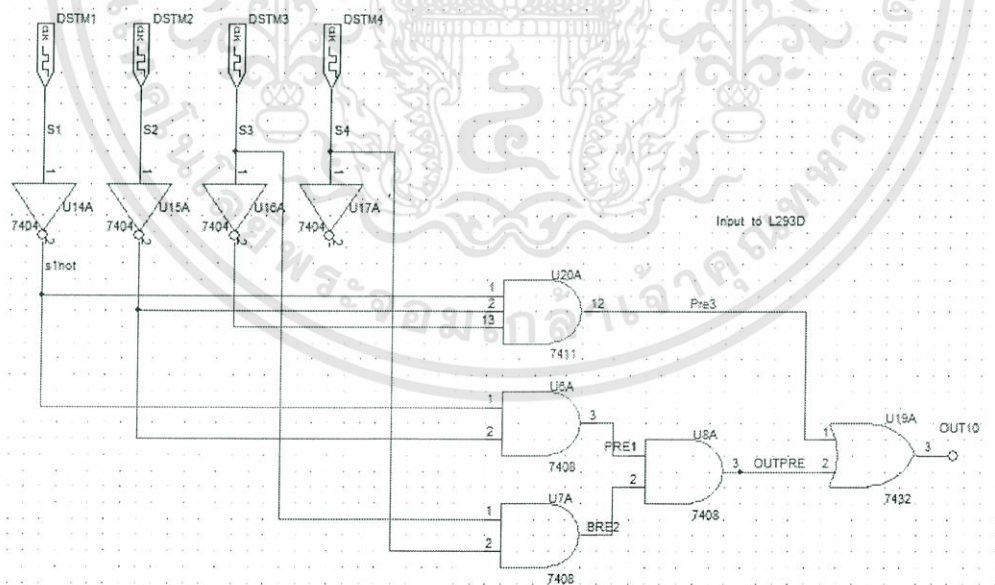
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 วงจรลอจิกสำหรับขาอินพุต 7 IC293D:



รูปที่ 3.10 วงจรลอจิกสำหรับขาอินพุต 7 IC293D

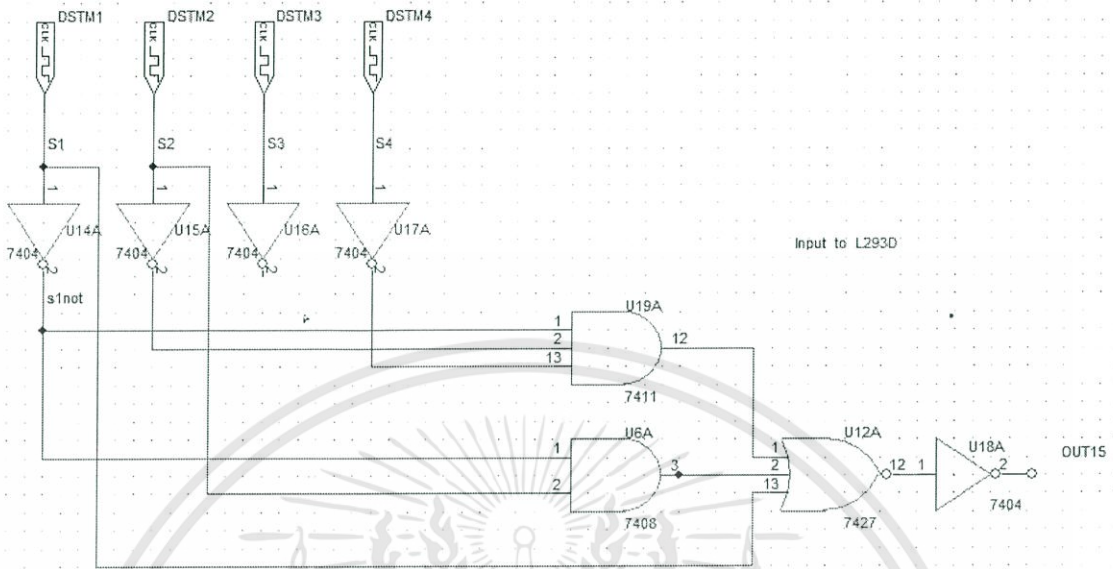
3.4.3 วงจรลอจิกสำหรับขาอินพุต 10 IC293D



รูปที่ 3.11 วงจรลอจิกสำหรับขาอินพุต 10 IC293D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

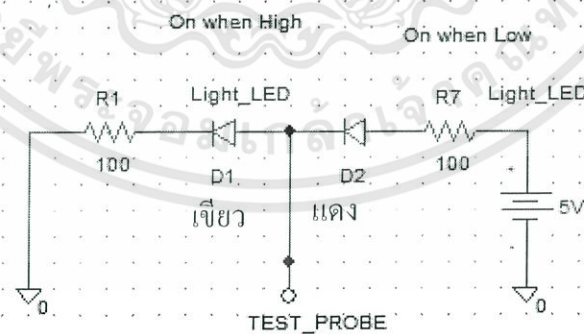
3.4.4 วงจรลอจิกสำหรับขาอินพุต 15 IC293D



รูปที่ 3.12 วงจรลอจิกสำหรับขาอินพุต 15 IC293D

3.5 วงจรทดสอบสถานะดิจิทัลลอจิก

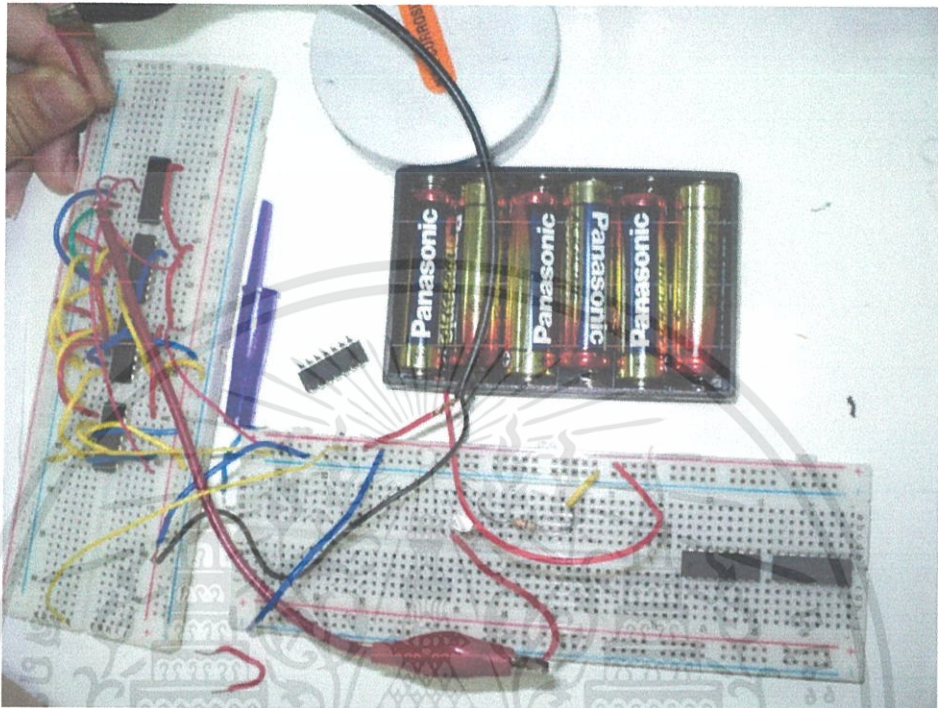
เนื่องจากโครงงานเกือบทั้งหมดจะทำงานกับสัญญาณดิจิทัลลอจิก จึงเป็นการสะดวกที่จะสร้างหัววัดสถานะดิจิทัลลอจิก รูปด้านล่างแสดงวงจอย่างง่ายโดยอาศัย ไดโอดเปล่งแสงสองตัว เพื่อตรวจสอบสถานะดิจิทัลลอจิก “1” และ “0”



รูปที่ 3.13 Probe สำหรับวัดสถานะทางลอจิก “1” และ “0” อย่างง่าย

จากรูปวงจรข้างต้น เมื่อ “Test Probe”แตะตำแหน่งสัญญาณทางดิจิทัลที่มีสถานะ “1” หรือ “High” ไดโอดเปล่งแสง D1 จะอยู่ในสถานะไบอัสตรง (Forward Biased) ทำให้ไดโอดสีเขียวติด ส่วนไดโอดเปล่งแสง D2 จะอยู่ในสถานะไบอัสย้อนกลับ (Reverse Biased) ซึ่งจะไม่ติด เช่นเดียวกัน หาก “Test Probe”แตะตำแหน่งสัญญาณ

ทางดิจิทัลที่มีสภาวะ “0” หรือ “Low” ไดโอดเปล่งแสง D2 จะอยู่ในสภาวะไบอัสตรง (Forward Biased) ทำให้ไดโอดสีแดงติด ส่วนไดโอดเปล่งแสง D1 จะไม่อยู่ในสภาวะไบอัสตรง(Forward Biased) ไดโอดเปล่งแสงนี้จะไม่ติด



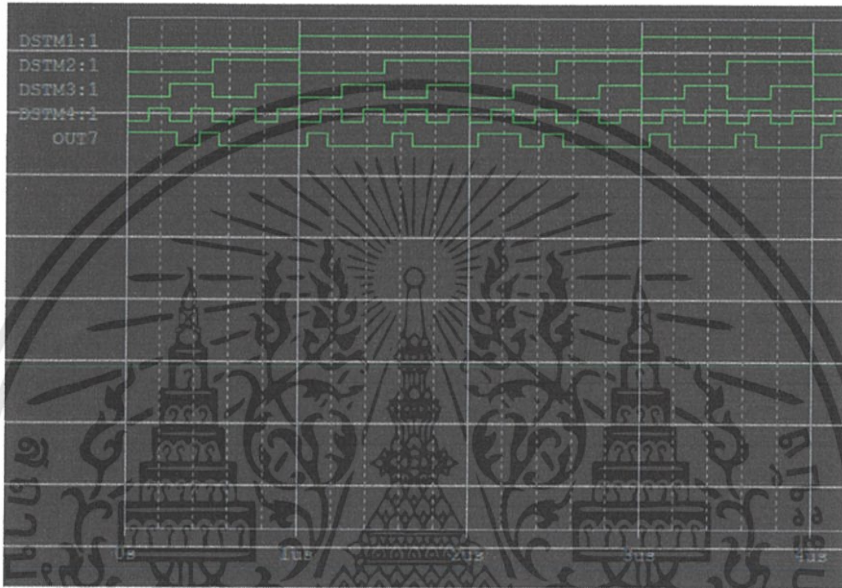
รูปที่ 3.14 ทำงานบนวงจรดิจิทัลลอจิก เพื่อทดสอบสัญญาณสำหรับป้อนให้แก่ IC L293Dหรือวงจรขับมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

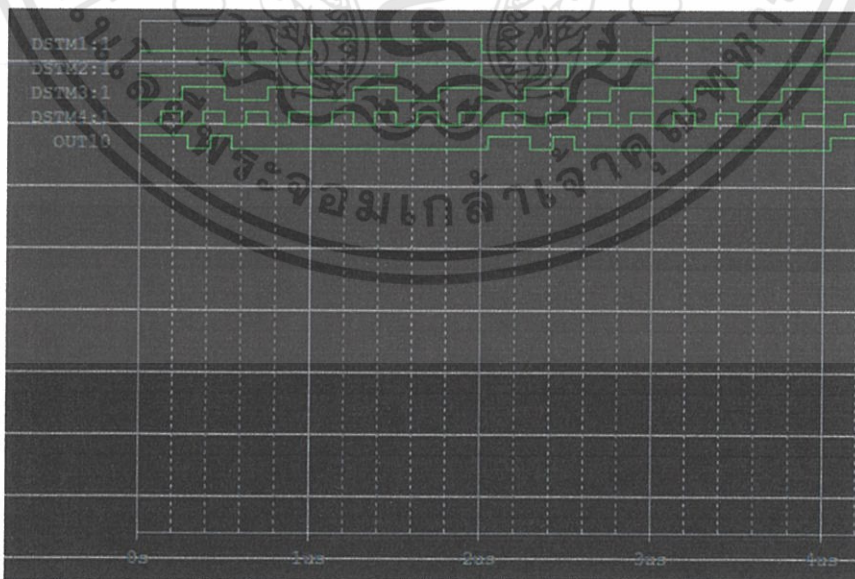
บทที่ 4

ผลการทดลอง

ผลการทดลองที่ได้นี้มาจากการ simulate โดยโปรแกรม PSPICE

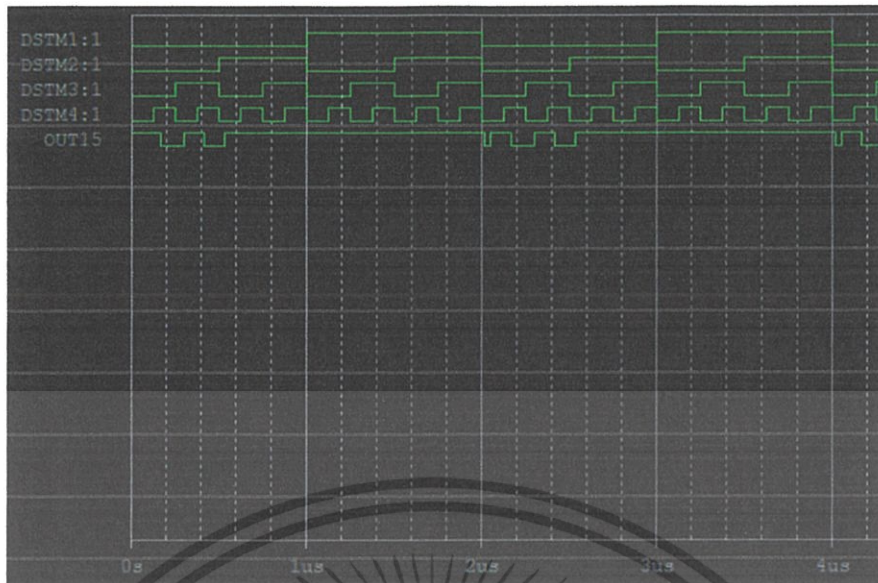


รูปที่ 4.1 ผลการประมวลผลวงจรลอจิกสำหรับอินพุต 7 IC293D โดย PSPICE



รูปที่ 4.2 ผลการประมวลผลวงจรลอจิกสำหรับอินพุต 10 IC293D โดย PSPICE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ผลการประมวลผลวงจรลอจิกสำหรับอินพุทขา 15 IC293D โดย PSPICE



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุป

5.1 สรุปผลการทดลอง

ขณะที่เงินทุนนั้นเป็นตัวแปรในการจำกัดรูปแบบการทำงานของรถติดตาม ทำให้ต้องตัดหน้าที่การทำงานบางส่วนออกไป เหลือเฉพาะส่วนการทำงานหลักดังได้กล่าวมาข้างต้น

การพัฒนาการทำงานของรถติดตามนี้ได้แก่การเพิ่มจำนวนเซนเซอร์ อันได้แก่ กล้องถ่ายภาพทางความร้อน ทำให้รถติดตามสามารถเห็นผิวของความร้อนจากสิ่งกีดขวาง เพื่อบอกตำแหน่งสิ่งมีชีวิตที่ต้องการช่วยเหลือได้ ไมโครโฟนจะทำให้รถติดตามบอกเส้นทางและเข้าหาแหล่งที่มาของเสียงได้ สำหรับกรณีวัสดุหรือสารที่เป็นอันตราย รถติดตามจะมีเซนเซอร์เพิ่มเพื่อตรวจสอบความบริสุทธิ์ของอากาศ อุณหภูมิ ค่า pH การแผ่รังสีและอื่นๆ เป็นต้น

นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อให้ตรวจจับแรงดันไฟฟ้าจากมอเตอร์ที่ควบคุมการเคลื่อนที่เพื่อบอกได้ว่าเมื่อใดจะหยุดมอเตอร์(เช่นเมื่อตัวรถติดตามสัมผัสสิ่งกีดขวาง เป็นต้น) และส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์ที่สถานีภาคพื้นผ่านทาง WiFi ส่วนของรถติดตามยังประกอบด้วย LED ที่กระพริบด้วยสีที่แตกต่างกัน เพื่อยืนยันว่าได้สัมผัสกับสิ่งกีดขวางแล้ว

สวิทช์และแบตเตอรี่นั้นอยู่ภายในรถติดตาม และมีฝาครอบไว้ เมื่อจะเข้าถึงแบตเตอรี่ต้องใช้เวลาในการถอดฝาครอบออก ซึ่งต้องใช้เวลา ในอนาคตสวิทช์นี้และสายชาร์จแบตเตอรี่จะอยู่ภายนอกรถติดตามเพื่อสะดวกในการชาร์จแบตเตอรี่

5.2 ปัญหาที่พบในการทดลอง

การรับ-ส่งสัญญาณของเซนเซอร์นั้นมีข้อจำกัดในเรื่องของระยะทางในการรับ-ส่งสัญญาณ ทำให้เมื่อวัตถุที่อยู่ข้างหน้ามีระยะห่างมากเกินไปจะมีผลทำให้ตัวเซนเซอร์ไม่ทำงาน

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา

ในอนาคตอันใกล้ เราสามารถพัฒนาการทำงานทำให้สามารถนำไปใช้ในการไล่ล่ารถที่ทำผิดกฎจราจรหรือผิดกฎหมายตามท้องถนนได้จริงโดยการให้รถไร้คนขับนี้ติดตามไปได้ โดยอาจจะพัฒนาการทำงานโดยมีการติดตั้งกล้องและสามารถฉายภาพผ่านสัญญาณดาวเทียมก็ได้

บรรณานุกรม

1. <http://www.kerrywong.com/2011/01/22/a-sensitive-diy-ultrasonic-range-sensor/>
2. <http://letsmakerobots.com/node/34396>
3. <http://www.dharmanitech.com/2009/01/ir-remote-controlled-car-pwm-motor.html>
4. <http://www.dharmanitech.com/2009/01/ir-remote-controlled-car-pwm-motor.html>
5. http://www.robotplatform.com/howto/L293/motor_driver_1.html
6. ZP. Horowitz, W. Hill: "The Art of Electronics", 2nd Edition, Cambridge University Press 1989, USA.
7. R.C. Jaeger: "Microelectronic Circuit Design", International Edition, The McGraw-Hill Companies, Inc. NY.



ภาคผนวก
อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

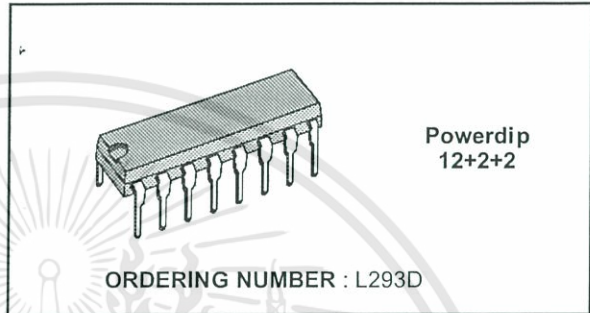


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PUSH-PULL FOUR CHANNEL DRIVER WITH DIODES

PRELIMINARY DATA

- 600mA. OUTPUT CURRENT CAPABILITY PER CHANNEL
- 1.2A PEAK OUTPUT CURRENT (NON REPETITIVE) PER CHANNEL
- ENABLE FACILITY
- OVERTEMPERATURE PROTECTION
- LOGICAL "0" INPUT VOLTAGE UP TO 1.5v (HIGH NOISE IMMUNITY)
- INTERNAL CLAMP DIODES

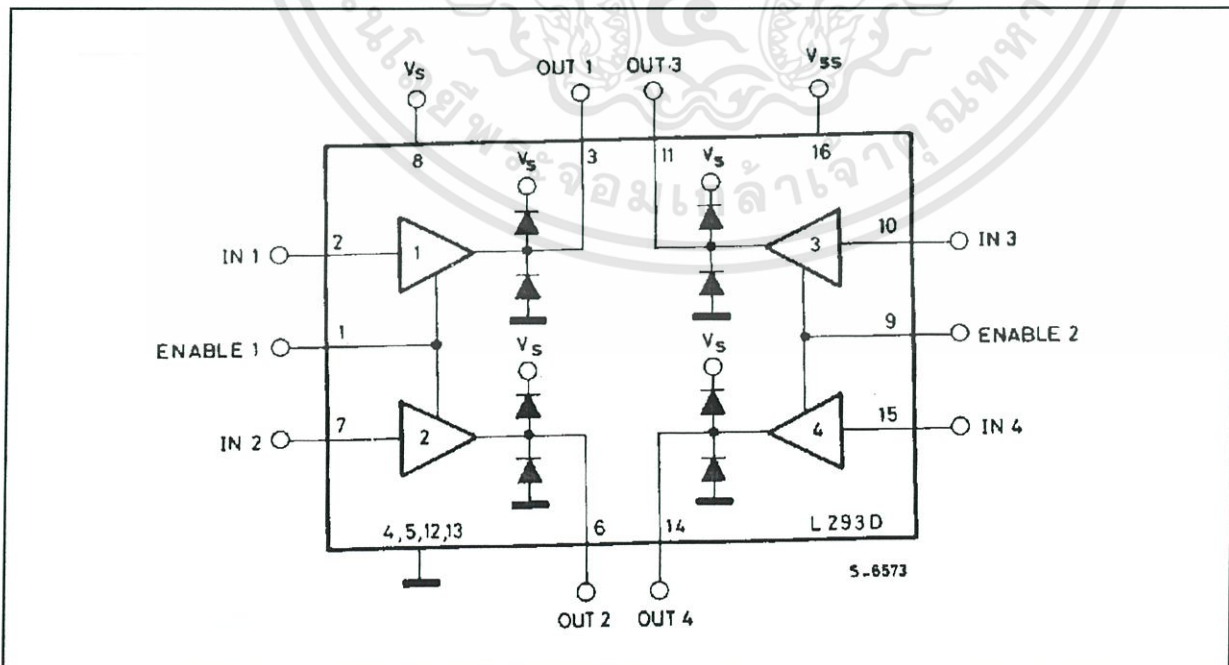


DESCRIPTION

The L293D is a monolithic integrated high voltage, high current four channel driver designed to accept standard DTL or TTL logic levels and drive inductive loads (such as relays solenoids, DC and stepping motors) and switching power transistors. To simplify use as two bridges is pair of channels is equipped with an enable input. A separate supply input is provided for the logic, allowing operation at a low voltage and internal clamp diodes are included.

This device is suitable for use in switching applications at frequencies up to 5 KHz. The L293D is assembled in a 16 lead plastic package which has 4 center pins connected together and used for heatsinking.

BLOCK DIAGRAM

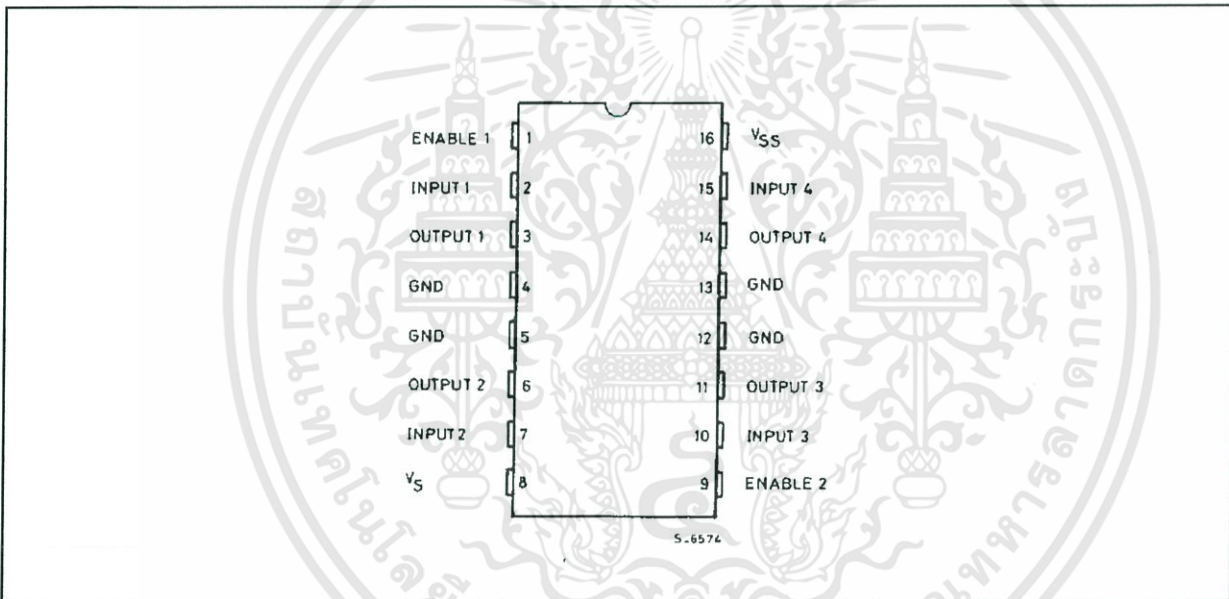


L293D

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_S	Supply Voltage	36	V
V_{SS}	Logic Supply voltage	36	V
V_i	Input voltage	7	V
V_{en}	Enable voltage	7	V
I_o	Peak output current (100 μ s non repetitive)	1.2	A
P_{tot}	Total power dissipation at $T_{ground-pins} = 80^\circ\text{C}$	5	W
T_{stg}, T_j	Storage and junction temperature	-40 to 150	$^\circ\text{C}$

CONNECTION DIAGRAM



THERMAL DATA

Symbol	Parameter	Value	Unit
Rth-j-case	Thermal resistance junction-case	max 14	$^\circ\text{C/W}$
Rth j-case	Thermal resistance junction-ambient	max 80	$^\circ\text{C/W}$

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (For each channel, $V_s = 24V$, $V_{ss} = 5V$, $T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$, unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_s	Supply voltage		V_{ss}		36	V
V_{ss}	Logic supply voltage (pin 16)		4.5		36	V
I_s	Total quiescent supply current (pin 8)	$V_i = L \quad I_o = 0 \quad V_{en} = H$		2	6	mA
		$V_i = H \quad I_o = 0 \quad V_{en} = H$		16	24	
		$V_{en} = L$			4	
I_{ss}	Total quiescent logic supply current (pin 16)	$V_i = L \quad I_o = 0 \quad V_{en} = H$		44	60	mA
		$V_i = H \quad I_o = 0 \quad V_{en} = H$		16	22	
		$V_{en} = L$		16	24	
V_{iL}	Input low voltage (pin 2, 7, 10, 15)		-0.3		1.5	V
V_{iH}	Input high voltage (pin 2, 7, 10, 15)	$V_{ss} \leq 7V$	2.3		V_{ss}	V
		$V_{ss} > 7V$	2.3		7	
I_{iL}	Low voltage input current (pin 2, 7, 10, 15)	$V_{iL} = 1.5V$			-10	μA
I_{iH}	High voltage input current (pin 2, 7, 10, 15)	$2.3 \leq V_{iH} \leq V_{ss} - 0.6V$		30	100	μA
V_{enL}	Enable low voltage (pin 1, 9)		-0.3		1.5	V
V_{enH}	Enable high voltage (pin 1, 9)	$V_{ss} \leq 7V$	2.3		V_{ss}	V
		$V_{ss} = 7V$	2.3		7	
I_{enL}	Low voltage enable current (pin 1, 9)	$V_{enL} = 1.5V$		-30	-100	μA
I_{enH}	High voltage enable current (pin 1, 9)	$2.3V \leq V_{enH} \leq V_{ss} - 0.6V$			± 10	μA
V_{CEsatH}	Source output saturation voltage (pin 3, 6, 11, 14)	$I_o = -0.6A$		1.4	1.8	V
V_{CEsatL}	Sink output saturation voltage (pins 3, 6, 11, 14)	$I_o = +0.6A$			1.2	1.8
V_F	Clamp diode forward voltage	$I_o = 600\text{ mA}$		1.3		V
t_r	Rise time (*)	0.1 to 0.9 V_o		250		ns
t_f	Fall time (*)	0.9 to 0.1 V_o		250		ns
t_{on}	Turn-on delay (*)	0.5 V_i to 0.5 V_o		750		ns
t_{off}	Turn-off delay (*)	0.5 V_i to 0.5 V_o		200		ns

(*) See fig.1

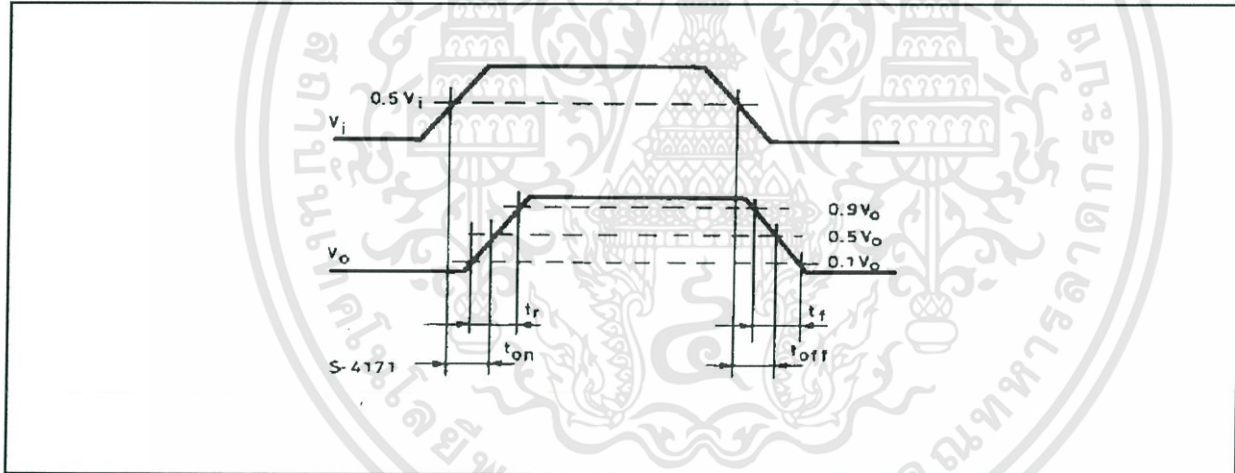
TRUTH TABLE (One channel)

INPUT	ENABLE (*)	OUTPUT
H	H	H
L	H	L
H	L	Z
L	L	Z

Z = High output impedance

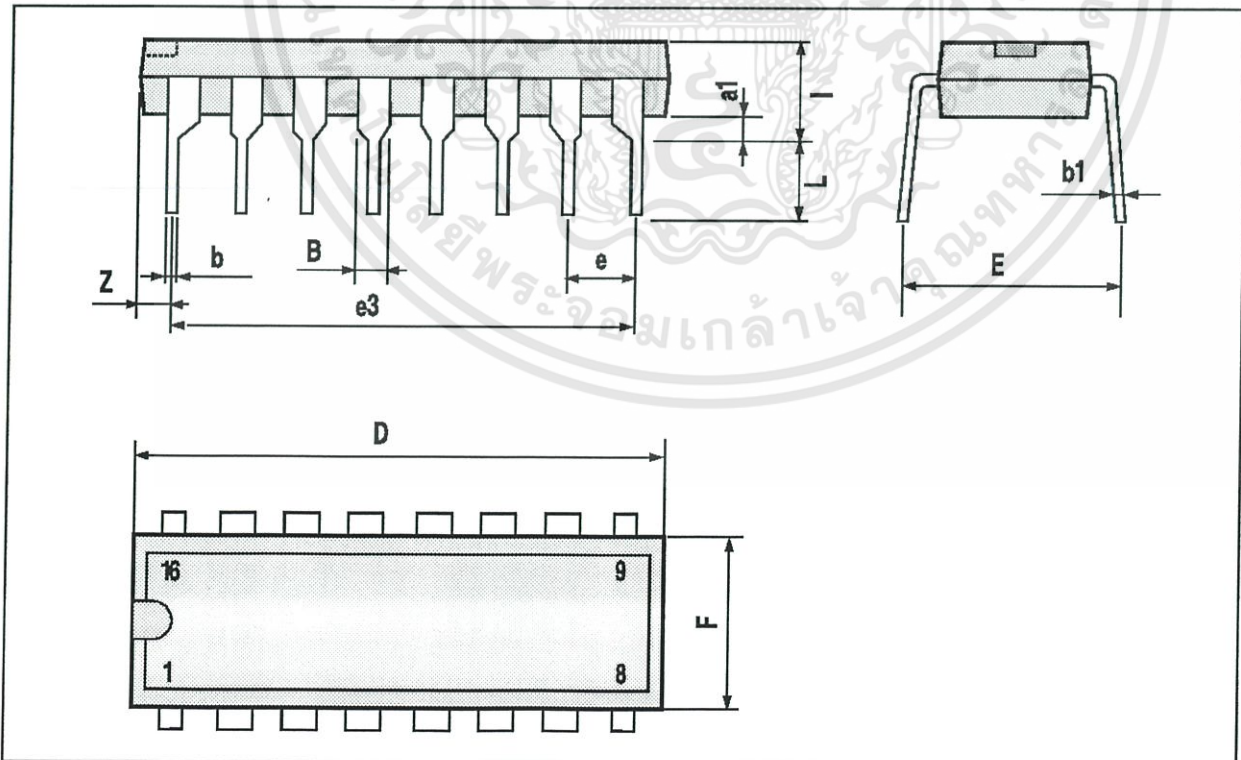
(*) Relative to the considered channel

Figure 1. Switching Times



POWERDIP PACKAGE MECHANICAL DATA

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
a1	0.51			0.020		
B	0.85		1.40	0.033		0.055
b		0.50			0.020	
b1	0.38		0.50	0.015		0.020
D			20.0			0.787
E		8.80			0.346	
e		2.54			0.100	
e3		17.78			0.700	
F			7.10			0.280
I			5.10			0.201
L		3.30			0.130	
Z			1.27			0.050



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, SGS-THOMSON Microelectronics assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of SGS-THOMSON Microelectronics. Specifications mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. SGS-THOMSON Microelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of SGS-THOMSON Microelectronics.

© 1994 SGS-THOMSON Microelectronics - All Rights Reserved

SGS-THOMSON Microelectronics GROUP OF COMPANIES

Australia - Brazil - France - Germany - Hong Kong - Italy - Japan - Korea - Malaysia - Malta - Morocco - The Netherlands - Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - Taiwan - Thailand - United Kingdom - U.S.A.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

LM324/LM324A, LM2902/LM2902A

Quad Operational Amplifier

Features

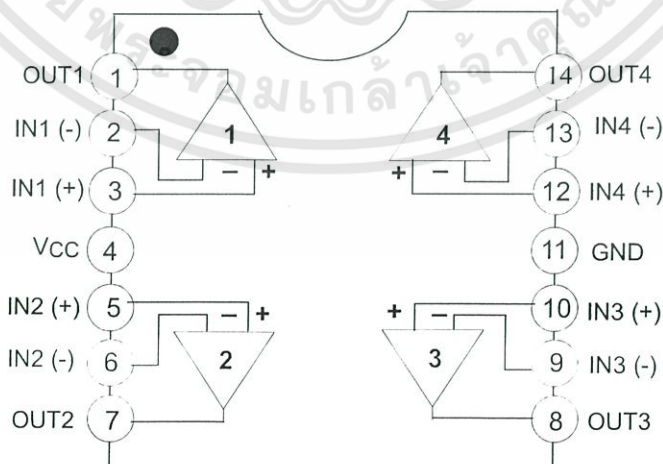
- Internally Frequency Compensated for Unity Gain
- Large DC Voltage Gain: 100dB
- Wide Power Supply Range:
LM324/LM324A : 3V~32V (or $\pm 1.5 \sim 16V$)
LM2902/LM2902A: 3V~26V (or $\pm 1.5V \sim 13V$)
- Input Common Mode Voltage Range Includes Ground
- Large Output Voltage Swing: 0V to $V_{CC} - 1.5V$
- Power Drain Suitable for Battery Operation

Description

The LM324/LM324A, LM2902/LM2902A consist of four independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide voltage range. operation from split power supplies is also possible so long as the difference between the two supplies is 3 volts to 32 volts. Application areas include transducer amplifier, DC gain blocks and all the conventional OP Amp circuits which now can be easily implemented in single power supply systems.

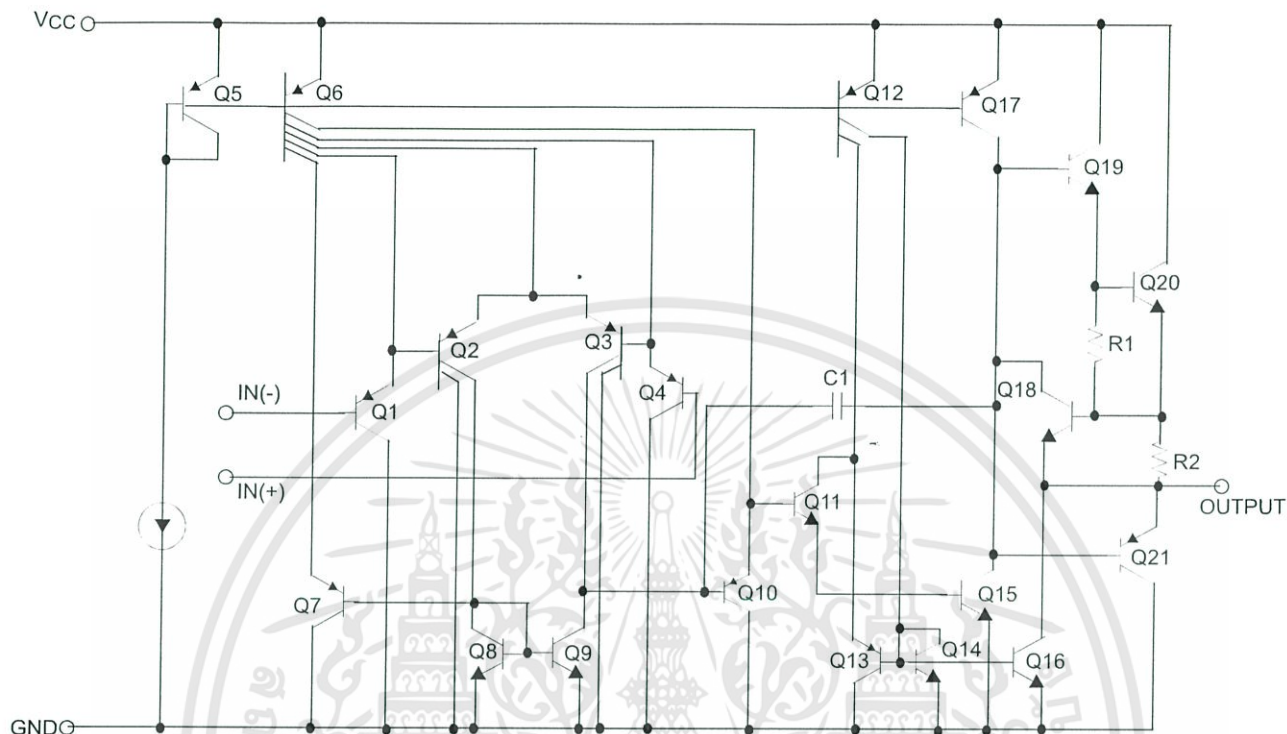


Internal Block Diagram



Schematic Diagram

(One Section Only)



Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	LM324/LM324A	LM2902/LM2902A	Unit
Power Supply Voltage	VCC	±16 or 32	±13 or 26	V
Differential Input Voltage	V _{I(DIFF)}	32	26	V
Input Voltage	V _I	-0.3 to +32	-0.3 to +26	V
Output Short Circuit to GND V _{CC} ≤ 15V, T _A = 25°C (one Amp)	-	Continuous	Continuous	-
Power Dissipation, T _A = 25°C 14-DIP 14-SOP	P _D	1310 640	1310 640	mW
Operating Temperature Range	T _{OPR}	0 ~ +70	-40 ~ +85	°C
Storage Temperature Range	T _{STG}	-65 ~ +150	-65 ~ +150	°C

Thermal Data

Parameter	Symbol	Value	Unit
Thermal Resistance Junction-Ambient Max. 14-DIP 14-SOP	R _{θja}	95 195	°C/W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics

($V_{CC} = 5.0V$, $V_{EE} = GND$, $T_A = 25^\circ C$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	LM324			LM2902			Unit	
			Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.		
Input Offset Voltage	V_{IO}	$V_{CM} = 0V$ to $V_{CC} - 1.5V$ $V_{O(P)} = 1.4V$, $R_S = 0\Omega$ (Note1)	-	1.5	7.0	-	1.5	7.0	mV	
Input Offset Current	I_{IO}	$V_{CM} = 0V$	-	3.0	50	-	3.0	50	nA	
Input Bias Current	I_{BIAS}	$V_{CM} = 0V$	-	40	250	-	40	250	nA	
Input Common-Mode Voltage Range	$V_{I(R)}$	Note1	0	-	$V_{CC} - 1.5$	0	-	$V_{CC} - 1.5$	V	
Supply Current	I_{CC}	$R_L = \infty$, $V_{CC} = 30V$ (LM2902, $V_{CC} = 26V$)	-	1.0	3	-	1.0	3	mA	
		$R_L = \infty$, $V_{CC} = 5V$	-	0.7	1.2	-	0.7	1.2	mA	
Large Signal Voltage Gain	G_V	$V_{CC} = 15V$, $R_L = 2k\Omega$ $V_{O(P)} = 1V$ to $11V$	25	100	-	25	100	-	V/mV	
Output Voltage Swing	$V_{O(H)}$	Note1	$R_L = 2k\Omega$	26	-	-	22	-	-	V
			$R_L = 10k\Omega$	27	28	-	23	24	-	V
	$V_{O(L)}$	$V_{CC} = 5V$, $R_L = 10k\Omega$	-	5	20	-	5	100	mV	
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR	-	65	75	-	50	75	-	dB	
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	-	65	100	-	50	100	-	dB	
Channel Separation	CS	$f = 1kHz$ to $20kHz$ (Note2)	-	120	-	-	120	-	dB	
Short Circuit to GND	ISC	$V_{CC} = 15V$	-	40	60	-	40	60	mA	
Output Current	ISOURCE	$V_{I(+)} = 1V$, $V_{I(-)} = 0V$ $V_{CC} = 15V$, $V_{O(P)} = 2V$	20	40	-	20	40	-	mA	
	ISINK	$V_{I(+)} = 0V$, $V_{I(-)} = 1V$ $V_{CC} = 15V$, $V_{O(P)} = 2V$	10	13	-	10	13	-	mA	
		$V_{I(+)} = 0V$, $V_{I(-)} = 1V$ $V_{CC} = 15V$, $V_{O(R)} = 200mV$	12	45	-	-	-	-	μA	
Differential Input Voltage	$V_{I(DIFF)}$	-	-	-	V_{CC}	-	-	V_{CC}	V	

Note :

- $V_{CC} = 30V$ for LM324, $V_{CC} = 26V$ for LM2902
- This parameter, although guaranteed, is not 100% tested in production.

Electrical Characteristics (Continued)(V_{CC} = 5.0V, V_{EE} = GND, unless otherwise specified)The following specification apply over the range of 0°C ≤ T_A ≤ +70°C for the LM324 ; and the -40°C ≤ T_A ≤ +85°C for the LM2902

Parameter	Symbol	Conditions	LM324			LM2902			Unit	
			Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.		
Input Offset Voltage	V _{IO}	V _{ICM} = 0V to V _{CC} -1.5V V _{O(P)} = 1.4V, R _S = 0Ω (Note1)	-	-	9.0	-	-	10.0	mV	
Input Offset Voltage Drift	ΔV _{IO} /ΔT	R _S = 0Ω (Note2)	-	7.0	-	-	7.0	-	μV/°C	
Input Offset Current	I _{I0}	V _{CM} = 0V	-	-	150	-	-	200	nA	
Input Offset Current Drift	ΔI _{IO} /ΔT	R _S = 0Ω (Note2)	-	10	-	-	10	-	pA/°C	
Input Bias Current	I _{BIAS}	V _{CM} = 0V	-	-	500	-	-	500	nA	
Input Common-Mode Voltage Range	V _{I(R)}	Note1	0	-	V _{CC} -2.0	0	-	V _{CC} -2.0	V	
Large Signal Voltage Gain	G _V	V _{CC} = 15V, R _L = 2.0kΩ V _{O(P)} = 1V to 11V	15	-	-	15	-	-	V/mV	
Output Voltage Swing	V _{O(H)}	Note1	RL=2kΩ	26	-	-	22	-	-	V
			RL=10kΩ	27	28	-	23	24	-	V
	V _{O(L)}	V _{CC} = 5V, R _L =10kΩ	-	5	20	-	5	100	mV	
Output Current	I _{SOURCE}	V _{I(+)} = 1V, V _{I(-)} = 0V V _{CC} = 15V, V _{O(P)} = 2V	10	20	-	10	20	-	mA	
	I _{SINK}	V _{I(+)} = 0V, V _{I(-)} = 1V V _{CC} = 15V, V _{O(P)} = 2V	5	8	-	5	8	-	mA	
Differential Input Voltage	V _{I(DIFF)}	-	-	-	V _{CC}	-	-	V _{CC}	V	

Note:

- V_{CC}=30V for LM324 , V_{CC} = 26V for LM2902
- These parameters, although guaranteed, are not 100% tested in production.

Electrical Characteristics (Continued)(V_{CC} = 5.0V, V_{EE} = GND, T_A = 25°C, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	LM324A			LM2902A			Unit	
			Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.		
Input Offset Voltage	V _{IO}	V _{CM} = 0V to V _{CC} -1.5V V _{O(P)} = 1.4V, R _S = 0Ω (Note1)	-	1.5	3.0	-	1.5	2.0	mV	
Input Offset Current	I _{IO}	V _{CM} = 0V	-	3.0	30	-	3.0	50	nA	
Input Bias Current	I _{BIAS}	V _{CM} = 0V	-	40	100	-	40	250	nA	
Input Common-Mode Voltage Range	V _{I(R)}	V _{CC} = 30V	0	-	V _{CC} -1.5	0	-	V _{CC} -1.5	V	
Supply Current	I _{CC}	V _{CC} = 30V, R _L = ∞ (LM2902, V _{CC} =26V)	-	1.5	3	-	1.0	3	mA	
		V _{CC} = 5V, R _L = ∞	-	0.7	1.2	-	0.7	1.2	mA	
Large Signal Voltage Gain	G _V	V _{CC} = 15V, R _L = 2kΩ V _{O(P)} = 1V to 11V	25	100	-	25	100	-	V/mV	
Output Voltage Swing	V _{O(H)}	Note1	R _L = 2kΩ	26	-	-	22	-	-	V
			R _L = 10kΩ	27	28	-	23	24	-	V
	V _{O(L)}	V _{CC} = 5V, R _L = 10kΩ	-	5	20	-	5	100	mV	
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR	-	65	85	-	50	75	-	dB	
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	-	65	100	-	50	100	-	dB	
Channel Separation	CS	f = 1kHz to 20kHz (Note2)	-	120	-	-	120	-	dB	
Short Circuit to GND	I _{SC}	V _{CC} = 15V	-	40	60	-	40	60	mA	
Output Current	I _{SOURCE}	V _{I(+)} = 1V, V _{I(-)} = 0V V _{CC} = 15V, V _{O(P)} = 2V	20	40	-	20	40	-	mA	
		V _{I(+)} = 0V, V _{I(-)} = 1V V _{CC} = 15V, V _{O(P)} = 2V	10	20	-	10	13	-	mA	
	I _{SINK}	V _{I(+)} = 0V, V _{I(-)} = 1V V _{CC} = 15V, V _{O(P)} = 200mV	12	50	-	-	-	-	μA	
Differential Input Voltage	V _{I(DIFF)}	-	-	-	V _{CC}	-	-	V _{CC}	V	

Note:

- V_{CC}=30V for LM324A ; V_{CC}=26V for LM2902A
- This parameter, although guaranteed, is not 100% tested in production.

Electrical Characteristics (Continued)(V_{CC} = 5.0V, V_{EE} = GND, unless otherwise specified)The following specification apply over the range of 0°C ≤ T_A ≤ +70°C for the LM324A ; and the -40°C ≤ T_A ≤ +85°C for the LM2902A

Parameter	Symbol	Conditions	LM324A			LM2902A			Unit
			Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
Input Offset Voltage	V _{IO}	V _{CM} = 0V to V _{CC} -1.5V V _{O(P)} = 1.4V, R _S = 0Ω (Note1)	-	-	5.0	-	-	6.0	mV
Input Offset Voltage Drift	ΔV _{IO} /ΔT	R _S = 0Ω (Note2)	-	7.0	30	-	7.0	-	μV/°C
Input Offset Current	I _{IO}	V _{CM} = 0V	-	-	75	-	-	200	nA
Input Offset Current Drift	ΔI _{IO} /ΔT	R _S = 0Ω (Note2)	-	10	300	-	10	-	pA/°C
Input Bias Current	I _{BIAS}	-	-	40	200	-	-	500	nA
Input Common-Mode Voltage Range	V _{I(R)}	Note1	0	-	V _{CC} -2.0	0	-	V _{CC} -2.0	V
Large Signal Voltage Gain	G _V	V _{CC} = 15V, R _L = 2.0kΩ	15	-	-	15	-	-	V/mV
Output Voltage Swing	V _{O(H)}	Note1 R _L = 2kΩ	26	-	-	22	-	-	V
			27	28	-	23	24	-	V
	V _{O(L)}	V _{CC} = 5V, R _L = 10kΩ	-	5	20	-	5	100	mV
Output Current	I _{SOURCE}	V _{I(+)} = 1V, V _{I(-)} = 0V V _{CC} = 15V, V _{O(P)} = 2V	10	20	-	10	20	-	mA
	I _{SINK}	V _{I(+)} = 0V, V _{I(-)} = 1V V _{CC} = 15V, V _{O(P)} = 2V	5	8	-	5	8	-	mA
Differential Input Voltage	V _{I(DIFF)}	-	-	-	V _{CC}	-	-	V _{CC}	V

Note:

- V_{CC}=30V for LM324A ; V_{CC}=26V for LM2902A.
- These parameters, although guaranteed, are not 100% tested in production.

Typical Performance Characteristics

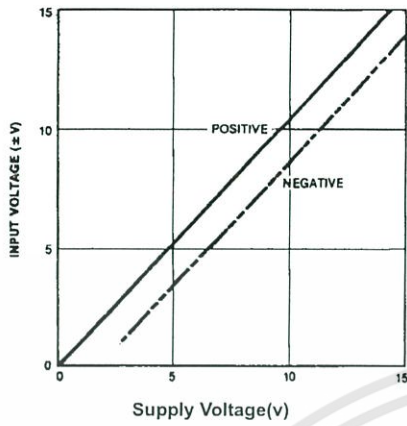


Figure 1. Input Voltage Range vs Supply Voltage

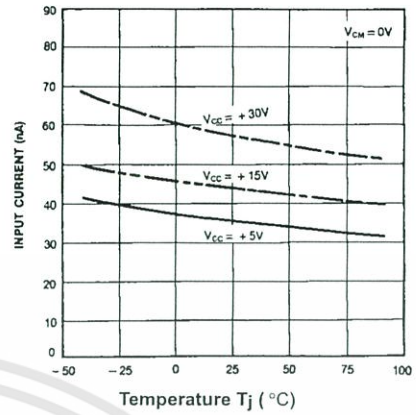


Figure 2. Input Current vs Temperature

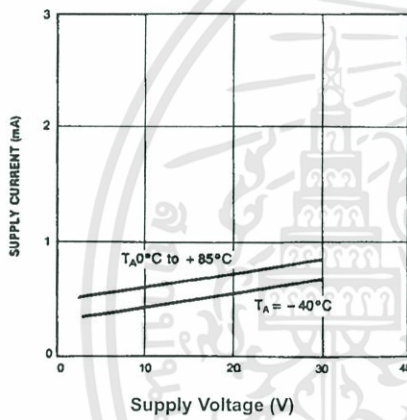


Figure 3. Supply Current vs Supply Voltage

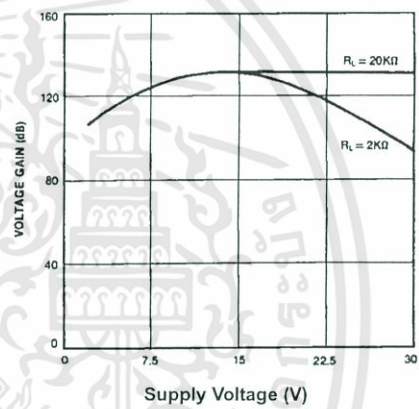


Figure 4. Voltage Gain vs Supply Voltage

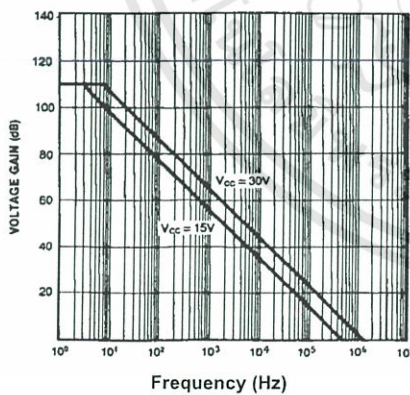


Figure 5. Open Loop Frequency Response

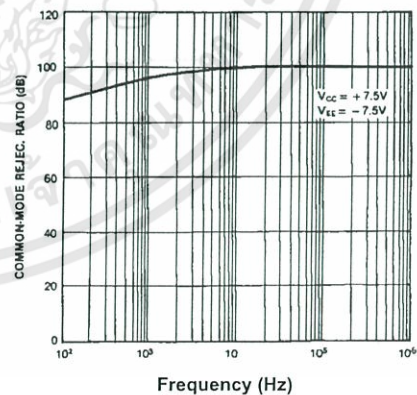


Figure 6. Common mode Rejection Ratio

Typical Performance Characteristics (Continued)

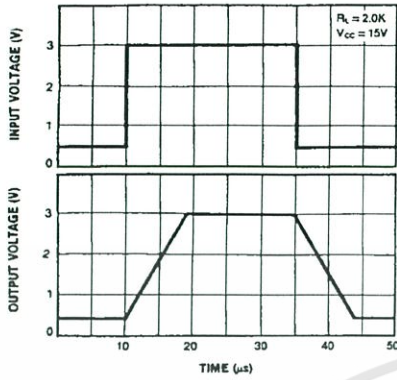


Figure 7. Voltage Follower Pulse Response

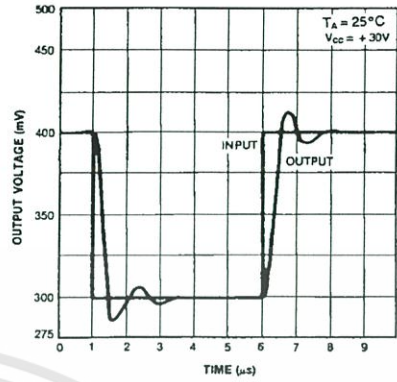


Figure 8. Voltage Follower Pulse Response (Small Signal)

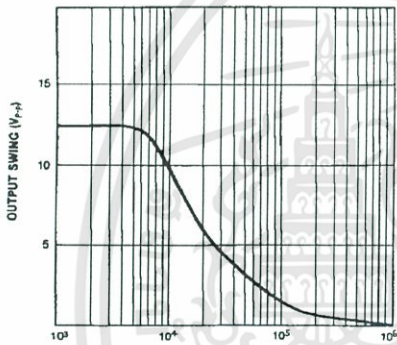


Figure 9. Large Signal Frequency Response

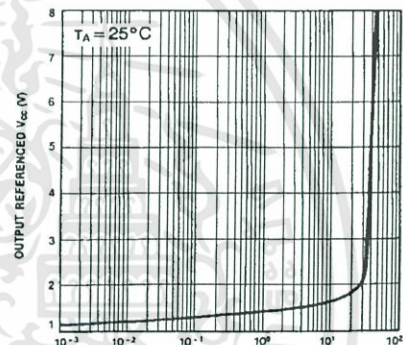


Figure 10. Output Characteristics vs Current Sourcing

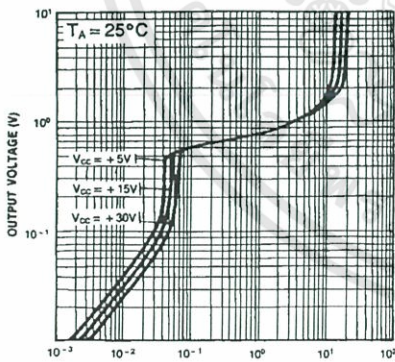


Figure 11. Output Characteristics vs Current Sinking

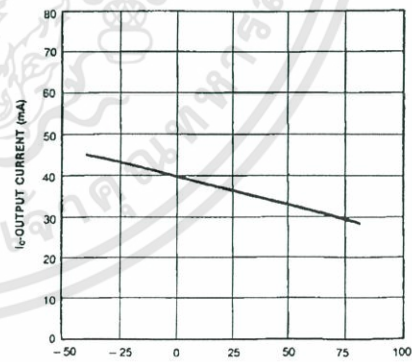


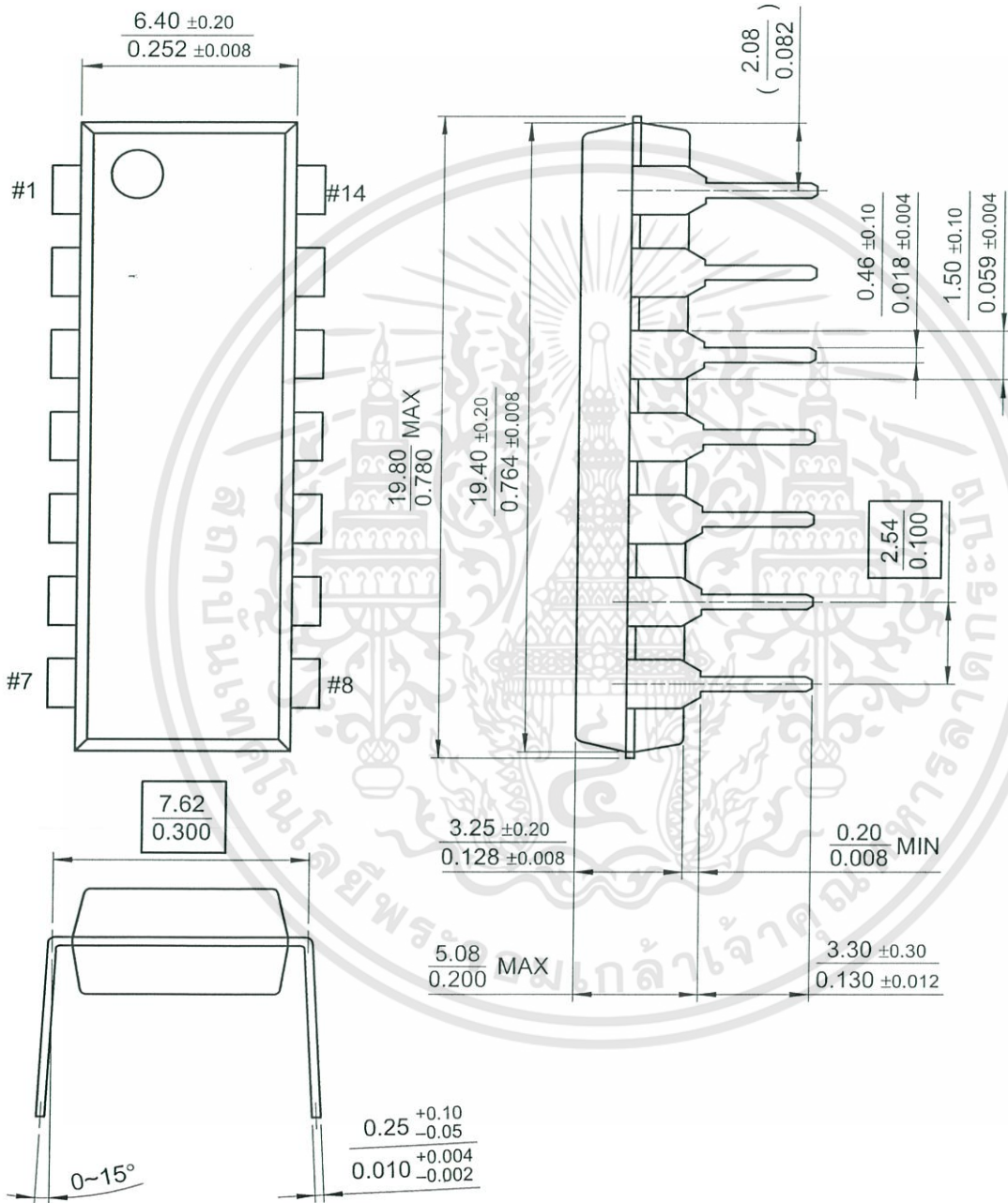
Figure 12. Current Limiting vs Temperature

Mechanical Dimensions

Package

Dimensions in millimeters

14-DIP



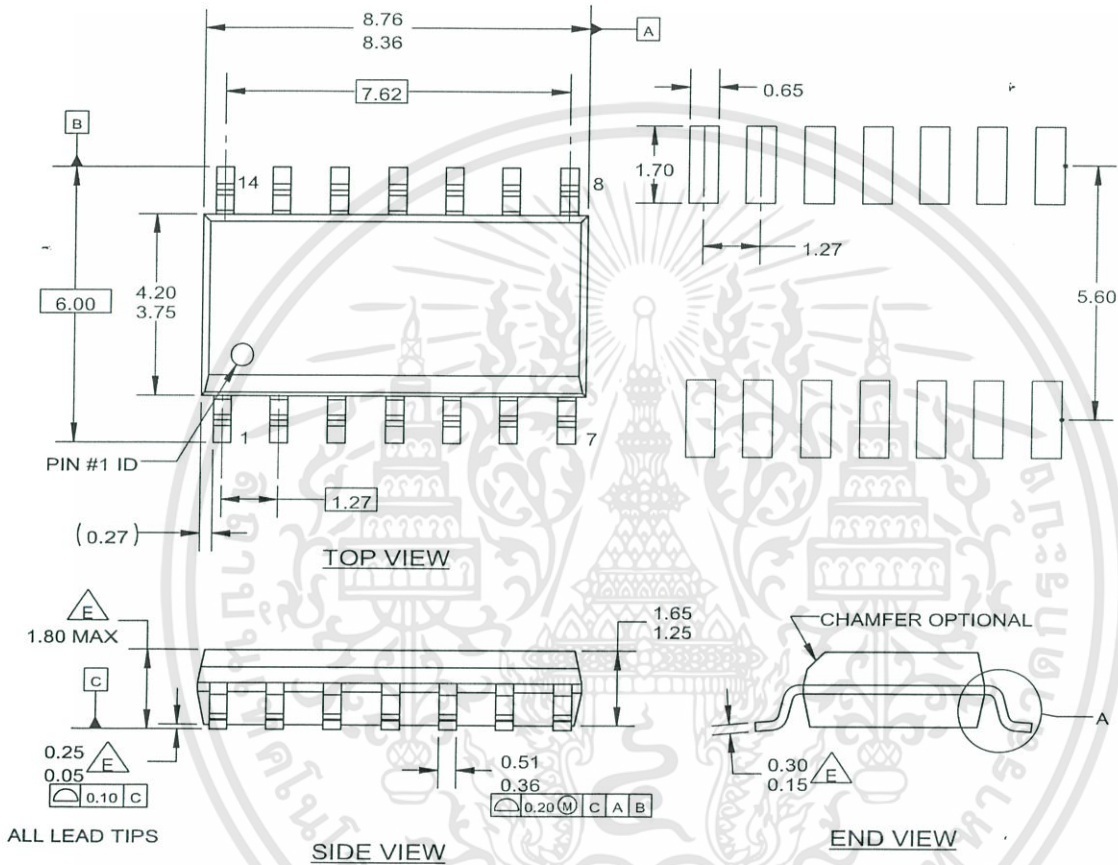
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่สามารถแก้ไขทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mechanical Dimensions (Continued)

Package

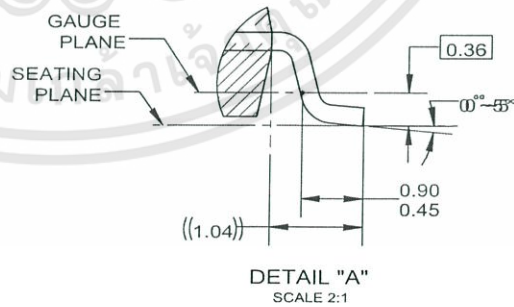
Dimensions in millimeters

14-SOP



NOTES: UNLESS OTHERWISE SPECIFIED

- A. THIS PACKAGE REFERENCE TO JEDEC MS-012 VARIATION AB.
- B. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.
- C. DIMENSIONS ARE EXCLUSIVE OF BURRS, MOLD FLASH AND TIE BAR EXTRUSIONS.
- D. DIMENSIONS AND TOLERANCES AS PER ASME Y14.5-1994.
- E. OUT OF JEDEC STANDARD VALUE.
- F. LAND PATTERN STANDARD: SOIC127P600X145-14M.
- G. FILE NAME: MKT-M14C REV2



DETAIL "A"
SCALE 2:1

Ordering Information

Product Number	Package	Operating Temperature
LM324N	14-DIP	0 ~ +70°C
LM324AN		
LM324M	14-SOP	
LM324AM		
LM2902N	14-DIP	-40 ~ +85°C
LM2902M	14-SOP	
LM2902AM		





DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury of the user.
2. A critical component in any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

www.fairchildsemi.com