

รถจำลองวิ่งตามวัตถุอัตโนมัติ

Automatic car



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 50349

วัน,เดือน,ปี. 13 พ.ค. 2547

ปีการศึกษา 2545

.b.....

.i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รถจำลองวิ่งตามวัตถุอัตโนมัติ
(Automatic car)



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2545

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่อง รถจำลองวิ่งตามวัตถุอัตโนมัติ

ผู้จัดทำ

- | | | | |
|-----------------|-----------|-------------|----------|
| 1. นายสุธี | เผ่าอาจ | เลขประจำตัว | 43015237 |
| 2. นายสุธีร์ | โรจนวิภาค | เลขประจำตัว | 43015286 |
| 3. นายสิรศาสตร์ | ศาสตร์ | เลขประจำตัว | 43515949 |




.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รถจำลองวิ่งตามวัตถุอัตโนมัติ
(Automatic car)

1. นายสุธี	เค้าอาจ	เลขประจำตัว	43015237
2. นายสุธีร์	โรจนวิภาต	เลขประจำตัว	43015286
3. นายสิริศาสตร์	ศาสตรา	เลขประจำตัว	43515949

โครงการนี้ได้รับการตรวจสอบแล้ว พร้อมจะทำการตรวจสอบได้


.....
(อาจารย์ พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รตวิงตามวัตลฤอ์ตโนมัต

นายสุธิ์ เผ้าอาจ

นายสุธิ์รี ไรจนวีกาด

นายสิริศาสตร์ ศาสตรา

อาจารย์ พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ อาจารย์ที่ปริกษา
ปีการศีกษา 2545

บทคัตยอ์

ในการพัฒนาระบบการคิคตามวัตลฤอ์ตโนมัต อันที่ไรจะนำ ไปใช้ในพื้นทีบ่างอย่างทีอันตรายหรือ เพื่อเป็นการทูนแรงงานของมนุษย์ โดยโครงการนี้เป็นการจัตทำรจัตลงเคลื่อที่ตามวัตลฤอ์ตโนมัต โดยไรจะ ใช้เส้น โลหะเป็นตัวตรวจจับ โดยอาศัยความรู้ทางค่านอเล็กทรอนิกส์ค่างๆอันได้แก่ ความรู้ทาง ค่านแม่เหล็ก ไฟฟ้า และวงจรอเล็กทรอนิกส์พื้นฐาน นำมาสร้างสัตญาณให้กับส่วนประมวลผล โดยใน โครงการนี้ันไรใช้ส่วนประมวลผลเป็นไมโครคอนโทรเลอร์ MCS-51 แล้วให้ทำการส่งสัตญาณไป ให้ส่วนจับเคลื่อเพื่อทำการจับเคลื่อนรลให้วิ่งไปตามเป้าหมายค่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับทำการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ค่านการค้ำ
ไม่ว่างรณิใดๆ ทั้งสิ้น อิกทั้งห้ามมิให้คัตแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกคร้งทีมีการนำไปใช้

Automatic car

Sutee	Proart
Sutee	Rojanajipat
Sirasart	Sartra
Pollasart	Iertprasert (Advisor)
2002	

Abstract

We Develop an automatic object tracking system to work in some danger area or use work agent human . A simulated car is designed to track the object using metal wire as a detector. MCS-51 microprocessor is use to control the opration simulated car .



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
สารบัญ	III
สารบัญรูป	V
สารบัญตาราง	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีแม่เหล็กไฟฟ้า	2
2.1 แม่เหล็กไฟฟ้า	2
2.2 กระแสเหนี่ยวนำ	3
2.3 ศิวเหนี่ยวนำ	4
2.4 การเกิดเส้นแรงแม่เหล็กของคอยล์	5
2.5 กฎแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำของฟาราเดย์	6
บทที่ 3 การออกแบบวงจรตรวจับโลหะ	8
3.1 วงจรกำเนิดความถี่	8
3.2 วงจรตรวจจับสัญญาณ	9
3.3 วงจรควบคุมแรงดัน	10
3.4 วงจรผ่านสัญญาณเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์	11
บทที่ 4 การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์	12
4.1 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์	12
4.2 สถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์	12
บทที่ 5 หลักการทำงานของส่วนประมวลผล	17
5.1 โครงสร้างการทำงานของส่วนประมวลผล	17
5.2 วงจรควบคุมความเร็วของมอเตอร์	18
5.2.1 วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อก	18
5.2.2 วงจรกำเนิดพัลส์วามอดดูเลชัน Pulse Width Modulation (P.W.M)	19
5.2.3 การสร้างวงจรมกำเนิดสัญญาณ P.W.M	20
5.2.4 วงจรควบคุมทิศทางของมอเตอร์	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.5	วงจร DRIVE MOTOR	24
บทที่ 6	ผลการทดลอง	25
6.1	ผลการทดลองจากวงจรตรวจจับ โลหะ	25
6.2	ผลการทดลองของวงจร PWM	30
6.3	ผลการทดลองเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของรถจำลอง	31
6.3.1	การทดสอบขณะรถวิ่งในเส้นทางตรง	32
6.3.2	ทดสอบระบบจับเคลื่อนเมื่อทำการเลี้ยว	33
6.3.2.1	เมื่อเส้นโลหะหักเหไปทางขวา	33
6.3.2.2	เมื่อเส้นโลหะหักเหไปทางซ้าย	34
6.4	การวัดความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถจำลอง	35
6.5	การวัดมุมในการเลี้ยวของรถจำลอง	35
6.6	การวัดระยะสูงสุดที่ตัวตรวจจับ โลหะทำาตรวจจับโลหะได้	35
บทที่ 7	ปัญหาและแนวทางการแก้ไข	37
7.1	การตรวจจับเส้นโลหะ	37
7.2	ความสามารถในการจับเคลื่อนของรถจำลอง	37
7.3	ลักษณะการเลี้ยวของรถจำลอง	38
บทที่ 8	สรุปและแนวทางการพัฒนา	39

สารบัญรูปร่าง

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	
รูปที่ 1.1	1
รูปที่ 1.1	1
บทที่ 2 ทฤษฎีสนามแม่เหล็ก	
รูปที่ 2.1	2
รูปที่ 2.2	5
รูปที่ 2.3	6
บทที่ 3 การออกแบบวงจรจذبโลหะ	
รูปที่ 3.1	9
รูปที่ 3.2	10
รูปที่ 3.3	11
รูปที่ 3.4	11
บทที่ 4 การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์	
รูปที่ 4.1	13
รูปที่ 4.2	14
บทที่ 5 หลักการทำงานของส่วนประมวลผล	
รูปที่ 5.1	17
รูปที่ 5.2	18
รูปที่ 5.3	20
รูปที่ 5.4	21
รูปที่ 5.5	21
รูปที่ 5.6	22
รูปที่ 5.7	23
รูปที่ 5.8	24

บทที่ 6 ผลการทดลอง

รูปที่ 6.1	รูปสัญญาณจากวงจรแรมโซแนนซ์	26
รูปที่ 6.2	สัญญาณที่ขาคอลเลคเตอร์ ของ Tr 1 เมื่อ ไม่มีโลหะเข้าใกล้	26
รูปที่ 6.3	สัญญาณที่ขาคอลเลคเตอร์ของ Tr 1 เมื่อตรวจจับโลหะได้	27
รูปที่ 6.4	รูปสัญญาณที่ขาเบสของ Tr1 และ Tr2 เมื่อ ไม่มีโลหะเข้าใกล้	27
รูปที่ 6.5	สัญญาณจากขาเบสของ Tr1 และ Tr2 ขณะที่ตรวจจับโลหะได้	28
รูปที่ 6.6	สัญญาณจากขาคอลเลคเตอร์ของ Tr 2 ขณะที่เอา C ขายพาออก	28
รูปที่ 6.7	สัญญาณจากขาคอลเลคเตอร์ของ Tr 2 ขณะที่มี C ขายพา	29
รูปที่ 6.8	สัญญาณที่ได้ตรงวงจรควบคุมแรงดัน ขณะที่ตรวจจับโลหะได้	29
รูปที่ 6.9	สัญญาณ Vout ของ TL494 เมื่อแรงดันอินพุต= 4.5 โวลต์	30
รูปที่ 6.10	สัญญาณ Vout ของ TL494 เมื่อแรงดันอินพุต= 1.5 โวลต์	31
รูปที่ 6.11	โครงสร้างของรถและอุปกรณ์ที่ทดลอง	31
รูปที่ 6.12	การทดสอบระบบขับเคลื่อนของรถขณะที่ ทำการวิ่งไปทางตรง	32
รูปที่ 6.13	การทดสอบระบบขับเคลื่อนของรถขณะที่ ทำการวิ่งไปทางขวา	33
รูปที่ 6.14	การทดสอบระบบขับเคลื่อนของรถขณะที่ ทำการวิ่งไปทางซ้าย	34

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 5.1	ตารางการทำงานของวงจร ความคุมทิศทางของมอเตอร์	23
--------------	--	----



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันนี้ การควบคุมอุปกรณ์ต่างๆด้วยอิเล็กทรอนิกส์ นับว่าเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของเราเป็นอย่างมาก โดยในโครงการนี้นั้น จะเป็นการนำเอาความรู้ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เพื่อใช้ควบคุม รถจำลองสำหรับเคลื่อนที่ตามวัตถุ เพื่อที่จะนำไปใช้ทำงานด้านต่างแทนมนุษย์ต่อไป

โดยโครงการนี้เป็นการจัดทำรถจำลองเคลื่อนที่ตามวัตถุแบบอัตโนมัติ โดยเราจะใช้เส้นโลหะเป็นตัวตรวจจับ ให้รถนั้นวิ่งไปตามเส้นโลหะได้ โดยจะประกอบด้วยส่วนหลักๆ 3 ส่วน นั่นคือ ส่วนตรวจจับวัตถุ ส่วนประมวลผล และส่วนขับเคลื่อน โดยในส่วนตรวจจับวัตถุนั้น เราจะใช้หลักการ ของแม่เหล็กไฟฟ้า โดยจากความรู้ที่ว่า ถ้าเราให้มีกระแสไฟฟ้าตรงไหลผ่านขดลวดที่ทำหน้าที่เป็นตัวเหนี่ยวนำ จะเกิดมีเส้นแรงแม่เหล็กออกมาจากขดลวด และถ้าเรามีเส้นลวดตัวนำ เคลื่อนที่ผ่านพื้นที่ที่มีสนามแม่เหล็ก จะเกิดมีกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้น โดยในโครงการนี้นั้นเราจะทำการพันขดลวด 2 ขด บนแกนเดียวกันโดยตัวแรกจะทำหน้าที่กำเนิดสนามแม่เหล็ก ส่วนตัวที่ 2 ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมของวงจรตรวจจับวัตถุ โดยอาศัยทิศทางของสนามแม่เหล็กที่มากระทำกับตัวที่ 2 เป็นตัวกำหนด จากนั้นนำสัญญาณที่ได้ไปเข้าส่วนประมวลผล

โดยในส่วนประมวลผลนั้น เราใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล mcs 51 มาเป็นตัวควบคุม และประมวลผล โดยเราจะนำสัญญาณที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์ ไปควบคุมส่วนขับเคลื่อนต่อไป



รูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมของโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีแม่เหล็กไฟฟ้า

2.1.1 แม่เหล็กไฟฟ้า

เมื่อปี ค.ศ. 1819 นักฟิสิกส์ชาวเดนมาร์กชื่อ ฮานส์ คริสเตียน เออร์สเตด (Hans Christian Oersted) ได้ค้นพบการเกิดอำนาจแม่เหล็กของเส้นลวดตัวนำเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน โดยถ้านำเข็มทิศมาวางทาง ด้านนอกของเส้นลวด แนวเข็มทิศจะชี้เข้าด้านซ้ายเหนือขึ้นด้านบน แต่ถ้าวางด้านบน ขั้วเหนือก็ชี้เข้าด้านใน ดังรูป



รูป 2.1 สนามแม่เหล็กที่พุ่งออกมาจากเส้นลวดเมื่อมีกระแสไหลผ่าน

จากการทดลองดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าเกิดเส้นแรงแม่เหล็กพุ่งออกรอบเส้นลวดเป็นวงกลม โดยมีความเข้มสนามแม่เหล็กมากที่สุดบริเวณใกล้เส้นลวด และค่อยๆ น้อยลงเมื่อออกห่างจากเส้นลวด โดยมีทิศทางเป็นมุมฉากกับกระแสที่ไหลผ่านเส้น โดยทิศทางของกระแสจะเป็นตัวกำหนดแนวหมุนเวียนของเส้นแรงแม่เหล็กว่าเป็นทิศทางตามเข็มนาฬิกาหรือทวนเข็มนาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกฎของไบโอท - ซาวาร์ต นั้น ถ้าสมมุติมีกระแสตรงไหลผ่านไปตามวัสดุสื่อำไฟฟ้าที่มีความยาวมากเมื่อเทียบกับพื้นที่หน้าตัด ย่อมเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบตัวนำนั้น สามารถหาได้จากสูตร

$$H = I / (2\pi \rho) \text{ a } \Phi \quad \text{โดย}$$

H คือค่าสนามแม่เหล็ก

I คือกระแสที่ไหลผ่านตัวนำไฟฟ้า มีหน่วยเป็น แอมป์

ρ คือรัศมีของตัวนำ มีหน่วยเป็น เมตร

จากสมการนั้นเราจะได้ว่า ทิศทางของสนามแม่เหล็ก H นั้นจะวนเป็นวงกลมรอบตัวนำ ขนาดของ H นั้นจะขึ้นอยู่กับจำนวนกระแสไฟฟ้า และระยะทางระหว่างจุดที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านกับจุดที่ต้องการหาสนามแม่เหล็ก

เมื่อเราสามารถหาค่าสนามแม่เหล็กได้ เราจะสามารถหาค่าความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก(B

)จากสมการ $B = \mu H$ โดย

B = ความหนาแน่นสนามแม่เหล็กมีหน่วยเป็น Wb/m^2

μ = $\mu_0 \times \mu_r$

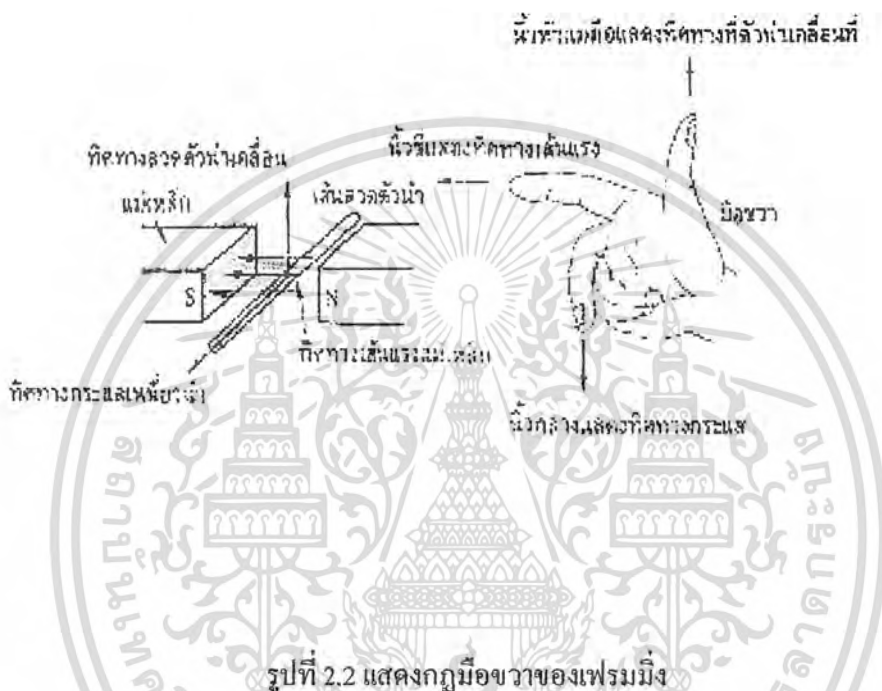
μ_0 = Relative permeability ของเหล็ก

μ_r = permeability ของอากาศ มีหน่วยเป็น henry/m

2.1 กระแสเหนี่ยวนำ

เมื่อเรานำเส้นลวดตัวนำไปเคลื่อนที่ตัดกับสนามแม่เหล็ก หรือเส้นแรงแม่เหล็กเคลื่อนที่เข้าไปตัดกับเส้นลวดตัวนำ จะเกิดกระแสเหนี่ยวนำไหลในเส้นลวดตัวนำนั้น โดยค่าของกระแสที่ไหลในเส้นลวดตัวนำนั้น จะขึ้นอยู่กับความเร็วในการเคลื่อนที่ที่ตัดกัน ระหว่างเส้นลวดตัวนำกับเส้นแรงแม่เหล็ก ความเข้มของสนามแม่เหล็ก จำนวนรอบของเส้นลวด และทิศทางการไหลของกระแสจะขึ้นอยู่กับทิศทางในการเคลื่อนที่ที่ตัดกัน ระหว่างเส้นลวดตัวนำกับเส้นแรงแม่เหล็ก โดยเราสามารถหาทิศทางของกระแส

เหนี่ยวนำในเส้นลวดตัวนำ ขณะที่เกิดการเคลื่อนที่ตัดกันระหว่างเส้นลวดตัวนำกับเส้นแรงแม่เหล็กนั้น เราใช้กฎมือขวาของเฟรมมิ่ง โดยวิธีคือ ให้เรากางนิ้วหัวแม่มือ นิ้วชี้ นิ้วกลาง ให้ตั้งฉากและกัน โดยให้นิ้วหัวแม่มือเป็นทิศทางที่ตัวนำเคลื่อนที่ผ่านสนามแม่เหล็ก นิ้วชี้เป็นทิศทางที่เส้นแรงแม่เหล็กจากเหนือไปได้ เราจะได้นิ้วกลางเป็นทิศทางของกระแสเหนี่ยวนำ



รูปที่ 2.2 แสดงกฎมือขวาของเฟรมมิ่ง

2.2 ตัวเหนี่ยวนำ

เมื่อนำเส้นลวดที่เคลือบด้วยฉนวนมาขดเป็นวงกลมซ้อนกันหลายๆวง โดยพันบนแกนสารแม่เหล็กหรือไม่มีแม่เหล็กก็ได้ เพื่อให้เกิดผลทางแม่เหล็ก กระแส และแรงเคลื่อน การกำหนดค่าของตัวเหนี่ยวนำกำหนดเป็น เฮนรี่ (H) โดยค่า 1 เฮนรี่ หมายถึง ความสามารถของตัวเหนี่ยวนำที่จะสร้างแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำออกมา 1 โวลต์ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของกระแสที่ไหลผ่านตนเองอยู่ 1 แอมแปร์ ในเวลา 1 วินาที คุณสมบัติแบบนี้เราเรียกว่า อินดักแตนซ์ (inductance) หรือความเหนี่ยวนำ โดยเราสามารถหาค่าความเหนี่ยวนำได้จากสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$L_s = \frac{a^2 N^2}{9a + 10L} \text{ โดย}$$

L_s = ค่าความเหนี่ยวนำของคอยล์ มีหน่วยเป็น ไมโครฟารัด

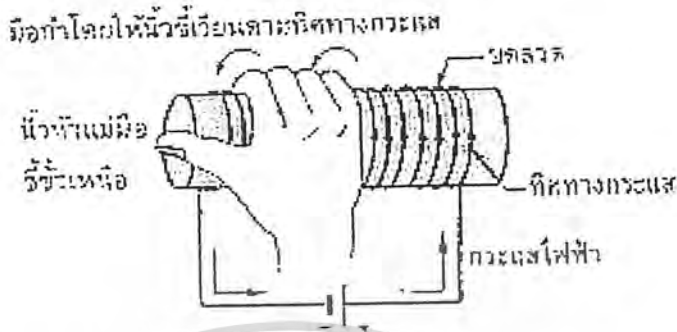
a = รัศมีของคอยล์ มีหน่วยเป็น นิ้ว

N = จำนวนรอบของคอยล์ มีหน่วยเป็น รอบ

L = ความยาวของคอยล์ มีหน่วยเป็น นิ้ว

2.3 ลักษณะการเกิดเส้นแรงแม่เหล็กของคอยล์

เมื่อนำเส้นลวดที่เคลือบด้วยฉนวน มาขดเป็นวงกลมซ้อนๆกันติดกันหลายๆวง ซึ่งเรียกว่า คอยล์ (coil) แล้วจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ไหลผ่าน จะเกิดเส้นแรงแม่เหล็กพุ่งออก โดยรอบเส้นลวดแต่ละวงนั้นจะเสริมกัน เกิดจำนวนเส้นแรงแม่เหล็กที่เพิ่มขึ้นตามจำนวนรอบของคอยล์ ผลรวมของเส้นแรงแม่เหล็กที่ได้จากคอยล์ทั้งหมด จะพุ่งออกจากแกนกลางของคอยล์ที่ปลายด้านหนึ่ง ไปเข้าที่ปลายอีกด้านหนึ่ง โดยจุดที่มีเส้นแรงแม่เหล็กพุ่งออกมาจากคอยล์นั้นเสมือนเป็นขั้วเหนือ และปลายด้านที่รับแรงนั้นจะเสมือนขั้วใต้ โดยขั้วแม่เหล็กหรือทิศทางเส้นแรงแม่เหล็กของคอยล์นั้น สามารถกำหนดได้โดยทิศทางกำไลของกระแสและลักษณะการพันของขดลวดของคอยล์ โดยเราสามารถรู้ได้จากกฎมือขวา คือให้เอามือขวานั้นกำให้ปลายนิ้วมือทั้งหมด ไปในแนวเดียวกับทิศทางที่กระแสไหลผ่านเส้นลวดในคอยล์ โดยนิ้วหัวแม่มือ นั้นจะชี้ถึงด้านที่เส้นแรงแม่เหล็กนั้น พุ่งออกมาหรือขั้วเหนือ



รูปที่ 2.3 แสดงทิศทางของกระแสสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นภายในคอยล์

โดยเรานั้นจะสามารถหาค่าสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าตรงไหลผ่านคอยล์ได้จากสมการ

$$H = \frac{NI}{d} \hat{z} \text{ โดย}$$

ความเข้มของสนามแม่เหล็กที่เกิดภายในคอยล์

N = จำนวนรอบของขดลวด

I = กระแสที่ไหลผ่านคอยล์

D = รัศมีของแกนคอยล์

2.4 กฎแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำของฟาราเดย์

แรงเคลื่อนเหนี่ยวนำอันเกิดจากฟลักซ์แม่เหล็กตัดกับวงรอบของคอยล์ จะขึ้นอยู่กับจำนวนรอบของคอยล์ ความเร็วในการเคลื่อนที่ตัดกันระหว่างเส้นลวดกับฟลักซ์แม่เหล็ก โดยจะขึ้นอยู่กับส่วนประกอบดังนี้

1. จำนวนฟลักซ์หรือเส้นแรงแม่เหล็กที่ตัดกับเส้นลวดตัวนำ ถ้าจำนวนเส้นแรงแม่เหล็กมีมาก ก็จะได้แรงเคลื่อนเหนี่ยวนำมาก
2. จำนวนรอบของคอยล์ คอยล์ที่มีจำนวนรอบมาก จะได้ค่าแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำที่สูงคือ ผลรวมของแรงเคลื่อนที่เหนี่ยวนำได้จากคอยล์แต่ละวงรอบซึ่งค่าอันดับกันอยู่

3. อัตราความเร็วในการเคลื่อนที่ตัด ความเร็วของฟลักซ์ที่เคลื่อนที่ตัดคอยล์ ถ้าเร็วจะให้แรงเคลื่อนเหนี่ยวนำที่สูง

ค่าของแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำสามารถหาได้จากกฎของฟาราเดย์ (Faraday's Law) ดังนี้

$$V_{ind} = N (d\Phi / dt)$$

V_{ind} คือแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำมีหน่วยเป็นโวลต์

N คือจำนวนรอบขดคอยล์

$d\Phi / dt$ คืออัตราส่วนของความเร็วในการเคลื่อนที่ตัดกัน ระหว่างฟลักซ์แม่เหล็กกับเส้นลวดตัวนำ มีหน่วยเป็น เวเบอร์/วินาที

บทที่ 3

การออกแบบวงจรตรวจจับโลหะ

โครงการนี้เป็นารสร้างรถเคลื่อนที่ตามวัตถุ โดยในส่วนของตัวตรวจจับนั้น ใช้หลักการของแม่เหล็กไฟฟ้า มาเพื่อใช้ควบคุมการปิดเปิดของทรานซิสเตอร์ เพื่อส่งสัญญาณที่ได้นั้นออกไปที่ส่วนประมวลผล

3.1 วงจรกำเนิดความถี่

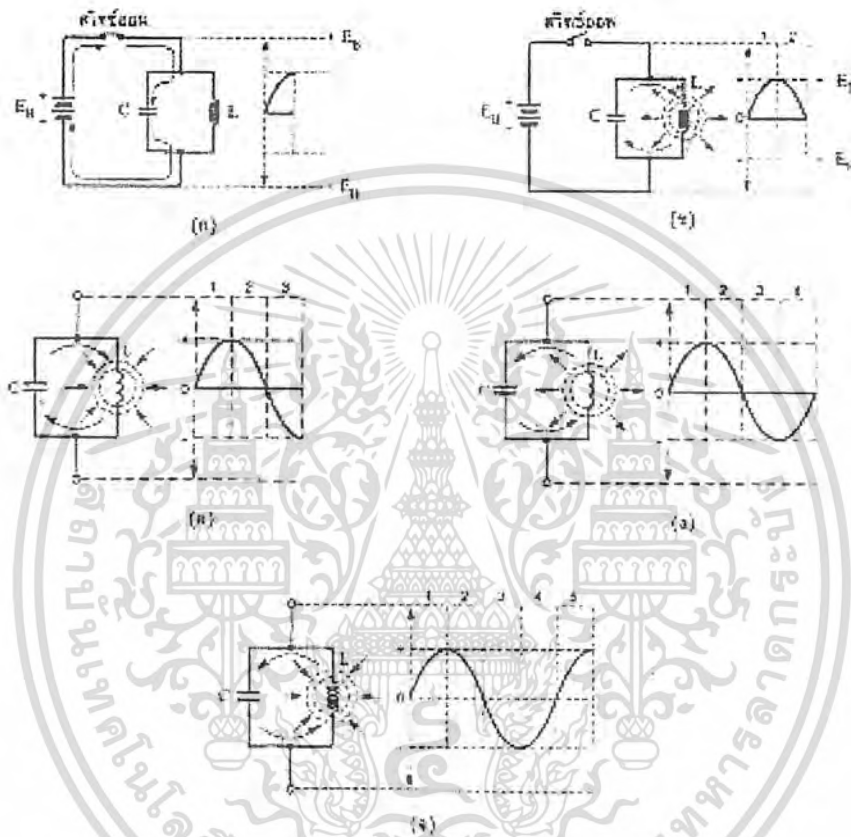
วงจรกำเนิดความถี่แบบพื้นฐานจะเป็นการอาศัยคุณสมบัติของตัวต้านทานและตัวเหนี่ยวนำมาใช้ โดยเมื่อเราป้อนแรงดันตรงให้กับวงจรในตอนแรก กระแสจะวิ่งผ่าน L และ C โดยที่ C นั้นจะทำการเก็บประจุเอาไว้ เมื่อเราทำการปิดสวิตช์ จะทำให้ C นั้นทำการคายประจุให้มีกระแสไหลผ่าน L เมื่อ C นั้นคายประจุจนหมด สนามแม่เหล็กของ L นั้นจะเกิดการยุบตัวทำให้เกิดปรากฏการณ์กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นเป็นผลให้มีแรงดันด้านตรงข้ามคคร่อมตัว C เมื่อสนามแม่เหล็กที่ยุบตัวนั้นหมดไป C ก็จะเริ่มทำการคายประจุอีกครั้งหนึ่ง โดยคราวนี้จะตรงข้ามกับการคายประจุครั้ง จะเห็นว่าจากคุณสมบัติของ C และ L นี้ จะทำให้เกิดเป็นสัญญาณกระแสสลับขึ้น มีความถี่ประมาณเท่ากับ

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

f = ความถี่ของวงกำเนิดสัญญาณ

C = ค่าของตัวเก็บประจุ

L = ค่าของความต้านทาน



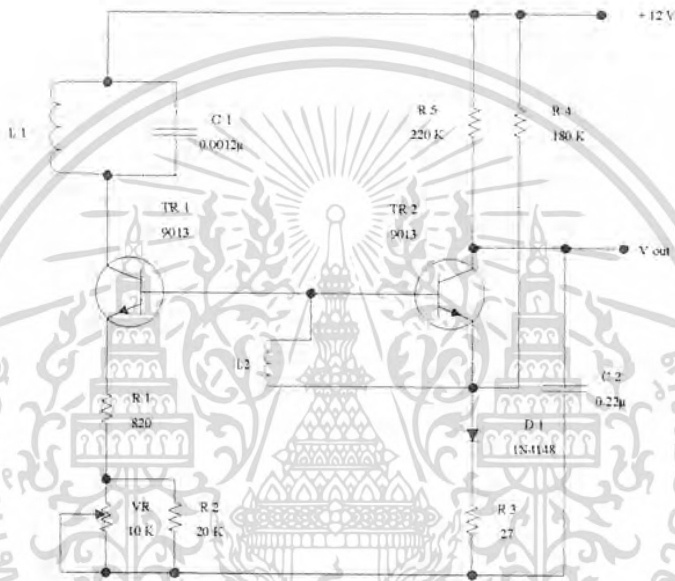
รูปที่ 3.1 การทำงานของวงจรสร้างความถี่แบบพื้นฐาน

3.2 วงจรตรวจจับสัญญาณ

จากรูปที่ 3.2 TR1 และ TR2 จะถือเป็นวงจรตรวจจับสัญญาณ โดยเมื่อทำการป้อนแรงดันให้กับวงจร จะมีกระแสไหลผ่าน $L1$ ทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กฟองออกมา ตัดผ่านกับ $L2$ เป็นผลให้เกิดกระแสและแรงดันเหนี่ยวนำขึ้นที่ $L2$ เป็นผลให้วงจร TR1 และ TR2 ทำงานได้ ส่งผลให้ $L1$ กับ $C1$ นั้นทำงานเป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ เหนี่ยวนำแรงดันมาที่ $L2$ ทำงานเป็นจิ้งหะ ขึ้นอยู่กับทิศทางของสนามแม่เหล็กที่แผ่ออกมาขณะนั้น เป็นผลให้แรงดันที่ขาคอลเลกเตอร์ของ TR2 นั้นมีลักษณะเป็นกระแสสลับ แต่เรามี C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

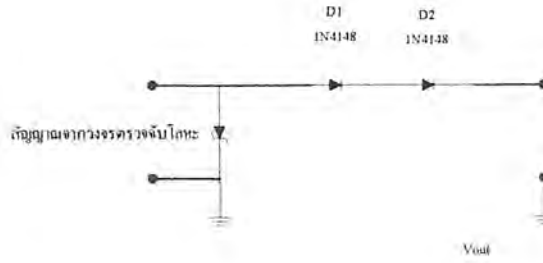
2 เป็นตัวขยายพาสความถี่นั้นหายไปหมด ดังนั้นที่ขาคอลเลกเตอร์ของ TR2 จึงมีไฟต่ำมาก ถือเป็นสัญญาณต่ำ หรือ 0 เมื่อไม่มีโลหะเข้ามาที่ขาอินพุตของ TR1 ปรากฏว่าทำงานในลักษณะนี้ ถ้ามีโลหะเข้ามาใกล้ การเหนี่ยวนำจะเหนี่ยวนำไปที่โลหะ ดังนั้นแรงเหนี่ยวนำที่ L 2 นั้นจะน้อยลง TR2 จึงไม่สามารถทำงานได้ ขาคอลเลกเตอร์ของ TR2 นั้นจะมีไฟสูงขึ้น ถือเป็นสัญญาณสูง หรือ (1) ทำให้เราสามารถตรวจจับโลหะได้โดยอาศัยสัญญาณสูง สัญญาณต่ำที่ได้มา



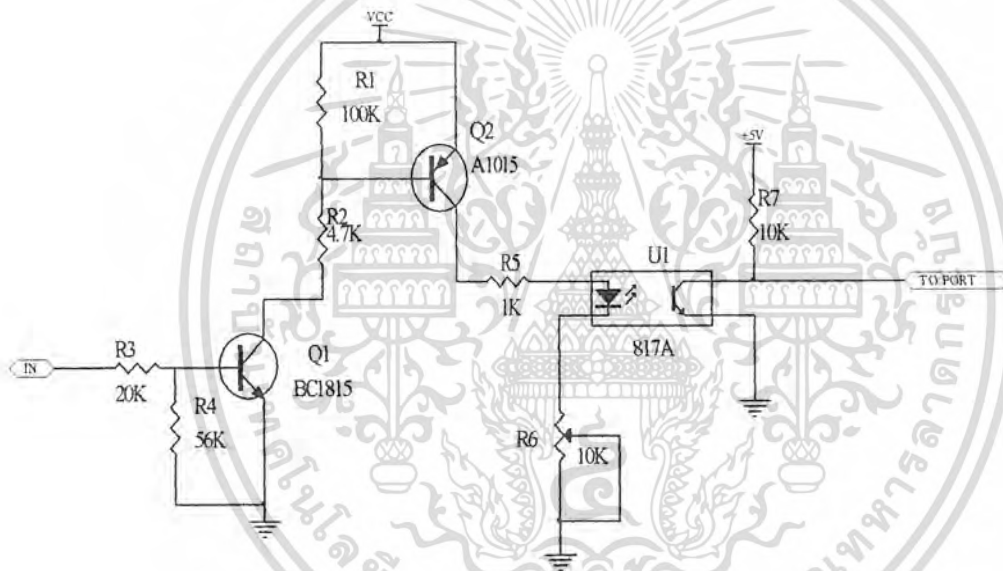
รูปที่ 3.2 วงจรตรวจจับสัญญาณ

3.3 วงจรควบคุมแรงดัน

เนื่องจากสัญญาณแรงดันที่ได้ออกมา นั้น มีค่าสูงเกินกว่าที่จะป้อนให้กับคอนโทรลเลอร์ได้ ดังนั้นเราจึงต้องทำการส่งผ่านไปยัง ซีเนอริโคโอด เพื่อทำการลดแรงดันไฟตรงให้เหลือเพียงประมาณ 5 โวลท์ เพื่อป้อนให้กับคอนโทรลเลอร์ต่อไป ส่วน D1 และ D2 จะเป็นตัวลดระดับแรงดันที่ออกเอาท์พุท ให้ลดลงเหลือ 0 เพื่อให้คอนโทรลเลอร์นั้นรับรู้สัญญาณว่าเป็น ลอจิก 0



รูปที่ 3.3 วงจรควบคุมแรงดัน



รูปที่ 3.4 วงจรผ่านสัญญาณเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์

3.4 วงจรส่งผ่านสัญญาณไปเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์

เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นสามารถรับสัญญาณลอจิก 1 และ 0 ได้ถูกต้อง เราเลยนำเอา IC OPTO เบอร์ 817 มาใช้งานเพื่อเชื่อมต่อสัญญาณเข้า MCS 51 โดย Q1 และ Q2 นั้นเป็นตัวเพิ่มกระแสให้ไอซีสามารถทำงานได้เป็นปกติ ส่วน R 15 นั้น ทำหน้าที่เป็นตัวฟลูอ์พ ก่อนส่งสัญญาณเข้า MCS 51 โดย VCC นั้นใช้ไฟตรง = 12 โวลท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์

4.1 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์

ในโครงการนี้นั้นเราจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์มาเป็นส่วนประมวลผลของโครงการ โดยเราจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล mcs 51 มาใช้งาน โดย mcs 51 นั้นเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยวที่มีข้อดีเมื่อเทียบกับไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต ของตระกูลต่างๆดังนี้

1. มีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไป (Ram) บรรจุไว้ภายใน 128 – 256 ไบต์
2. มีหน่วยความจำสำหรับเก็บ โปรแกรมควบคุมการทำงานอยู่ภายในจำนวน 4 กิโลไบต์
3. มีวงจรตั้งนับเวลาขนาด 16 บิต 2 ตัวอยู่ภายใน
4. มีวงจรรับส่งข้อมูลอนุกรมได้ 2 ทิศทาง
5. มีพอร์ตที่สามารถรับหรือส่งข้อมูลได้ 2 ทิศทางจำนวน 4 พอร์ต พอร์ตละ 8 บิต

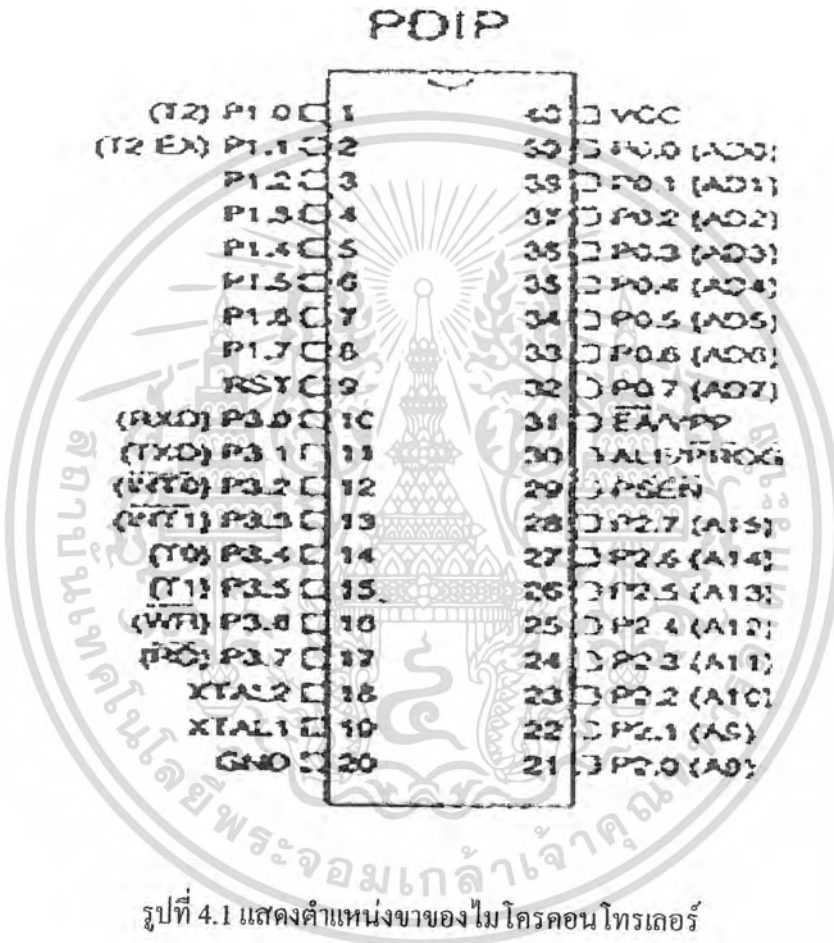
นอกจากนี้ mcs 51 ยังมีคุณสมบัติที่น่าสนใจอีกหลายอย่าง เช่น

- ต้องการแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์เพียงชุดเดียว
- มีหน่วยความจำสำหรับเก็บ โปรแกรมและข้อมูลที่อยู่ภายในชิพได้อย่างละ 64 กิโลไบต์
- มีคำสั่งคูณและหารเลขขนาด 8 บิต ภายในตัวเอง
- จัดลำดับความสำคัญของสัญญาณอินเทอร์รัพต์ได้ 2 ระดับ
- รับและส่งข้อมูลแบบอนุกรมได้ภายในตัว โดยสามารถกำหนดความเร็วในการรับส่งข้อมูลได้ตั้งแต่ 300 ถึง 375 กิโลไบต์ ต่อ วินาที
- สามารถประมวลผลแบบบูตลินเพื่อการควบคุม โดยเฉพาะ
- หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในบางส่วนนั้นสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ในแบบระดับบิต

4.2 สถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ 89S8252

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างภายในชิพไมโครคอนโทรลเลอร์ 89S8252 ชิพเดี่ยวแสดงดังรูปที่ 4.1 ซึ่งอธิบายถึงส่วนย่อยๆ ภายใน 89S8252



สัญญาณจากภายในจะต่อออกสู่ภายนอกทางขาของ 89C52 ที่มีอยู่ 40 ขา ดังรูปที่ 4.1 ซึ่งมีการใช้งานต่างๆ ดังนี้

- VCC ขา 40 เป็นขาที่ต้องป้อนไฟเลี้ยง + 5 โวลต์ เข้าไปเพื่อให้วงจรสามารถทำงานได้
- VSS ขา 20 เป็นขาที่ต้องต่อกับกราวด์ของแหล่งจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- RST ขา 9 เป็นขารีเซ็ต ซึ่งจะรีเซ็ตการทำงานของ 8051 ถ้าป้อนสัญญาณที่มีสถานะลอจิก 1 ที่ขา นี้จะเป็นการรีเซ็ตการทำงานเพื่อกลับไปเริ่มการทำงานจากคำสั่งที่อยู่ในหน่วยความจำ ตำแหน่ง 0000
- ALE ขา 30 ใช้เป็นขาส่งสัญญาณออกไปภายนอก เพื่อควบคุมการแลตซ์ค่าตำแหน่งไบต์ต่ำ จากพอร์ท 0 ในระหว่างการติดต่อหน่วยความจำสำหรับเก็บ โปรแกรมหรือข้อมูลภายนอก
- PSEN ขา 29 ใช้ส่งสัญญาณเพื่ออ่านคำสั่งจากโปรแกรมที่เก็บไว้ในหน่วยความจำภายใน หน่วยความจำภายนอกซีพ
- XTAL1 ขา 19 ใช้ต่อคริสตอลภายนอก โดยเป็นอินพุตเข้าสู่วงจรรอสซิลเลเตอร์
- XTAL2 ขา 18 ใช้ต่อคริสตอลภายนอก โดยเป็นเอาต์พุตออกจากวงจรรอสซิลเลเตอร์



รูปที่ 4.2 การต่อใช้งานขา XTAL2

ถ้าใช้สัญญาณนาฬิกาจากภายนอกมาเป็นสัญญาณนาฬิกาให้ปล่อยขา XTAL2 ลอยไว้แล้วต่อสัญญาณนาฬิกาเข้าขา XTAL1

การรีเซ็ต 89C52 ภายหลังเริ่มจ่ายพลังงาน

เมื่อเริ่มจ่ายพลังงานจะต้องมีการรีเซ็ตก่อนเสมอ การรีเซ็ตในขณะที่เริ่มจ่ายพลังงานจะกระทำโดยอัตโนมัติด้วยการต่อวงจร

การทำงานของวงจรรีเซ็ตมีดังนี้

เมื่อเริ่มจ่ายพลังงานให้แก่ MCS-51 จะทำให้ขา RST มีสถานะเป็น 1 ในช่วงเวลาที่หนึ่งซึ่งขึ้นกับค่าตัวเก็บประจุ ความเร็วในการประจุ เพื่อให้แน่ใจว่าการรีเซ็ตเกิดขึ้นจริง ๆ ในช่วงเริ่มต้นให้ขา VCC

จะต้องให้รีเซ็ตมีสถานะเป็น 1 นานพอที่จะให้วงจรออสซิลเลเตอร์เริ่มต้นทำงานร่วมกับช่วงเวลา 2 เมกซ์ซีนไฮเกิล

ในช่วงเริ่มต้นให้ VCC แก่ MCS- 51 (ช่วง power up) VCC ควรมีค่าตามที่กำหนดภายในเวลา 10 วินาที (rise time) โดยช่วงเวลาที่วงจรออสซิลเลเตอร์เริ่มทำงานจะขึ้นอยู่กับความถี่ของออสซิลเลเตอร์ที่ใช้

- PORT 0 เป็นพอร์ตนานขนาด 8 บิต ที่อยู่ขา 39 – 32 เริ่มจากบิต 0 ถึงบิต 7 ตามลำดับ พอร์ต 0 นี้ใช้ได้ทั้ง การรับส่งตำแหน่งและข้อมูลกับหน่วยความจำหรือใช้รับส่งข้อมูลก็ได้ นอกจากนี้ยังใช้งานได้หลายอย่างดังนี้

1. ใช้สำหรับส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำที่ต้องการติดต่อกับ โดย 8 บิตล่างจะถูกส่งออกไปทางพอร์ต 0 และ 8 บิตบนจะถูกส่งออกไปทางพอร์ต 2
2. ใช้รับส่งข้อมูลกับ Data Memory หรือใช้รับข้อมูลจาก Program Memory
3. ใช้รับส่งข้อมูลออกจากพอร์ตโดยตรง

- PORT 1 เป็นพอร์ตนานขนาด 8 บิต ที่อยู่ขา 1 – 8 เริ่มจากบิต 0 ถึงบิต 7 ตามลำดับ ใช้ทำหน้าที่เป็นตัวรับส่งข้อมูลเท่านั้น ไม่สามารถส่งตำแหน่งได้

- PORT 3 เป็นพอร์ตนานขนาด 8 บิต ที่อยู่ขา 1 – 8 เริ่มจากบิต 0 ถึงบิต 7 ตามลำดับ นอกจากใช้งานเหมือนพอร์ตอื่น ๆ แล้วยังใช้งานอื่น โดยใช้คำสั่งควบคุมดังนี้

- | | |
|-------------|---|
| P3.0 (RxD) | เป็นขาที่ใช้รับข้อมูลแบบอนุกรม |
| P3.1 (TxD) | เป็นขาที่ใช้รับข้อมูลแบบอนุกรม |
| P3.2 (INT0) | ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอก |
| P3.3 (INT1) | ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายใน |
| P3.4 (T0) | ใช้เป็นขารับสัญญาณให้เคาน์เตอร์ของ ไทม์เมอร์ 0 |
| P3.5 (T1) | ใช้เป็นขารับสัญญาณให้เคาน์เตอร์ของ ไทม์เมอร์ 1 |
| P3.6 (WR) | ใช้เป็นขารับสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูล ไปยังหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก |
| P3.7 (RD) | ใช้เป็นขารับสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูล ไปยังหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก |

การกำหนดการใช้งานอินพุท/เอาต์พุท (I/O Configuration)

พอร์ต 1, 2 และ 3 มีวงจรถูกดึง (วงจรถูกดึงระดับแรงดันของสัญญาณ) ภายใน (Internal Pullups) พอร์ต 0 มีเอาต์พุทแบบ Open Drain และอินพุท/เอาต์พุทแต่ละเส้นสามารถใช้แยกอิสระจากกันสำหรับใช้เป็นอินพุทหรือเอาต์พุท เมื่อพอร์ตถูกกำหนดการใช้งานเป็นอินพุทค่าในบิตแสดงของพอร์ตต้องมีค่าเป็น 1 ซึ่งจะ Turn off เอาต์พุทไดรเวอร์ FET (ลอจิก 0 ที่ขาเกตของ FET จะปิดช่องทางนำกระแสของ Field Effect Transistor เพราะเป็น Enhancement Mode n-Channel MOSFET ส่วนลอจิก 1 ที่ขาเกตจะเป็นตัวเปิดช่องทางนำกระแสและทำให้ FET มีคุณสมบัติเป็นตัวต้านทาน) ดังนั้นขาของพอร์ต 1, 2 และ 3 จะถูกยกระดับสัญญาณเป็น 1 โดยวงจรถูกดึงภายใน แต่สามารถถูกลดระดับสัญญาณลงต่ำเป็น 0 ได้ จากวงจรถูกดึงภายนอก

ในกรณีของพอร์ต 0 ใช้ทรานซิสเตอร์ชนิด FET เป็นตัวยกระดับแรงดันแทน (Pullup FET) ซึ่งจะถูกใช้งานเฉพาะเมื่อพอร์ต 0 ส่งค่า 1 ออกมาภายนอกเฉพาะระหว่างช่วงการติดต่อถูกใช้งานเป็นเอาต์พุท พอร์ตจะมีเอาต์พุทชนิด Open Drain เพราะฉะนั้น การเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิต แสดงจะทำให้ FET ที่ทำหน้าที่เป็นเอาต์พุทถูกเปิดช่องทางนำกระแส ทำให้ขาของพอร์ตมีสถานะ high impedance เพื่อใช้พอร์ตเป็นอินพุทในขณะที่ทำหน้าที่เป็นสายรับส่งข้อมูล (Data Bus)

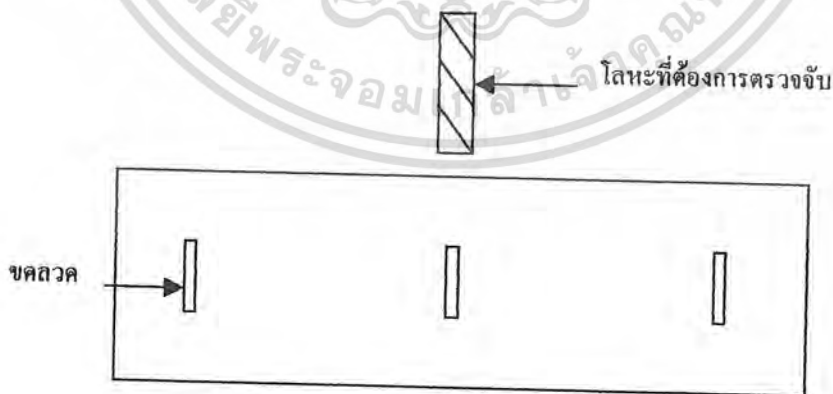
บทที่ 5

หลักการของทำงานของส่วนประมวลผล

5.1 โครงสร้างการทำงานของส่วนประมวลผล

โดยส่วนประมวลผลนี้จะรับเอาสัญญาณจากวงจรตรวจจับสัญญาณมาเพื่อทำการประมวลผลเพื่อจะส่งออกไปยังส่วนขับเคลื่อนต่อไปโดยจะมีหลักการตรวจจับดังนี้

โดยเราจะทำการวางขดลวดตรวจจับโลหะ 3 อันวางเป็นแนวนอนเรียงกัน โดยให้ขดลวดโลหะตัวกลางนั้น เริ่มทำการตรวจจับโลหะได้เป็นอันแรก จากนั้นนำสัญญาณที่ตรวจจับได้ ส่งเข้าส่วนประมวลผลเพื่อส่งสัญญาณไปยังส่วนขับเคลื่อนให้รถเคลื่อนที่ไปในทิศทางตรง ถ้ารถเกิดการเปลี่ยนทิศทาง ขดลวดตัวตรวจจับด้านซ้ายจะเป็นตัวบังคับให้รถนั้นกลับมาวิ่งตรงอีกครั้ง โดยถ้ารถเบี่ยงเบนไปทางด้านขวา ขดลวดทางด้านซ้ายนั้นก็จะทำการตรวจจับโลหะได้ เราก็จะส่งสัญญาณที่ได้นั้นไปเข้าส่วนประมวลผล ส่งให้ล้อทางด้านขวานั้นเคลื่อนที่ต่อไป ส่วนล้อทางด้านซ้ายนั้นจะหยุดการทำงานทำให้ตัวรถนั้นเลี้ยวซ้ายกลับมาทำให้รถนั้นเคลื่อนที่ตรงเหมือนเดิม ถ้ารถเบี่ยงเบนไปทางด้านซ้าย ขดลวดทางด้านขวานั้นก็จะทำการตรวจจับโลหะได้ เราก็จะส่งสัญญาณที่ได้นั้นไปเข้าส่วนประมวลผล ส่งให้ล้อทางด้านซ้ายนั้นเคลื่อนที่ต่อไป ส่วนล้อทางด้านขวานั้นก็หยุดทำงาน ทำให้ตัวรถนั้นเลี้ยวกลับมายู่ในทิศทางตรงเหมือนเดิม

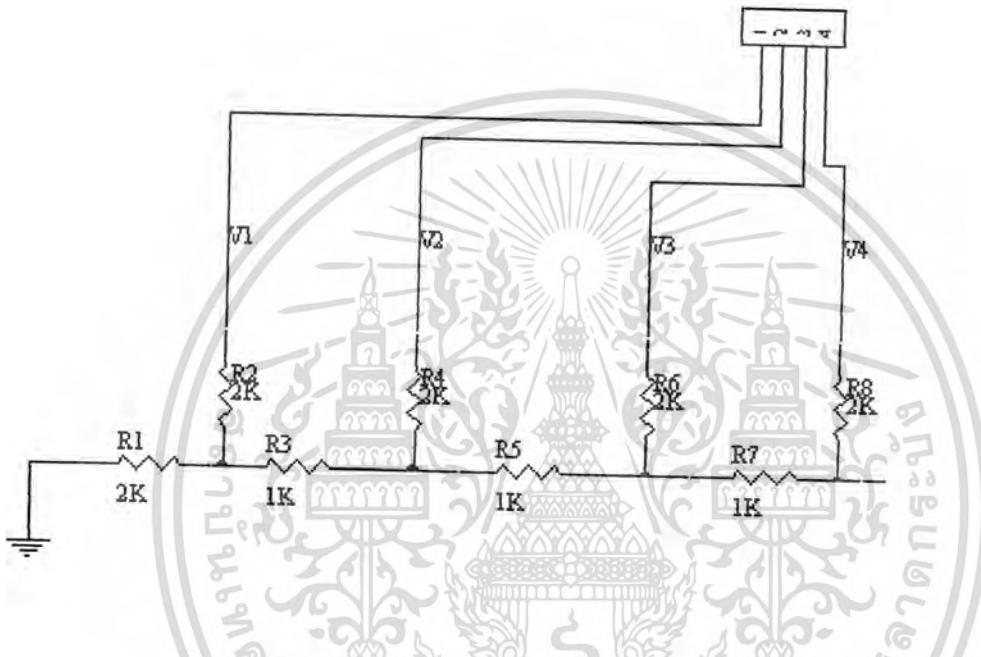


รูปที่ 5.1 ลักษณะการตรวจจับสัญญาณของวงจรตรวจจับโลหะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 วงจรควบคุมความเร็วของมอเตอร์

5.2.1 วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อก



รูปที่ 5.2 วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อก

จากรูปที่ 5.2 เป็นวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อกแบบ R-2R โดยจะนำเอาสัญญาณอนาล็อกที่ได้ไปป้อนให้กับวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์ โดยเราป้อนรหัสดิจิทัลออกมาจาก MCS 51 เป็นตัวเลขแรงดันที่จะออกมาเข้าวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อก โดย แรงดันที่ออกมาจากวงจรหาได้จากสมการ

$$V_o = V_{ref} \times [0.5V_4 + 0.25V_3 + 0.125V_2 + 0.016V_1]$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากโครงการนี้ V_{ref} ก็คือ แรงดันเอาต์พุตของ MCS 51 จากนั้นนำแรงดันที่ได้ไปควบคุมวงจรถ่ายค่าพัลส์โดยใช้ TL 494 มีค่า 4.7-5 โวลต์

สมมุติว่าเราป้อนรหัสดิจิตอลอันมาจาก MCS-51 4 บิต = 1001 ดังนั้นเราสามารถคำนวณหาค่าแรงดันเอาต์พุต =

$$V_o = 4.7 \times [(0.5 \times 1) + (0.25 \times 0) + (0.125 \times 0) + (0.016 \times 1)]$$

$$V_o = 4.7 \times [0.516] = 2.4252 \text{ โวลต์}$$

5.2.2 วงจรกำเนิดพัลส์วิดมอดูเลชัน Pulse Width Modulation (P.W.M)

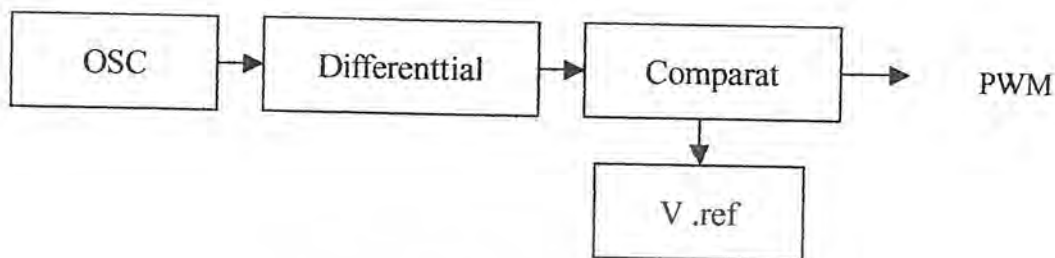
ในการควบคุมความเร็วมอเตอร์ดีซี นิยมใช้เทคนิคการควบคุมความกว้างของพัลส์ ซึ่งเป็นการควบคุมโดยการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาที่อยู่ภายใต้การสวิตช์ อิเล็กทรอนิกส์ เช่น ทรานซิสเตอร์เป็นต้น โดยในโครงการนี้เราจะใช้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ เบอร์ TIP35 C

ลักษณะของ P.W.M โดยทั่วไปนั้นจะมีลักษณะอยู่ 3 แบบ

- 1) เปลี่ยนแปลงทั้งความถี่และความถี่ของพัลส์ (Variation of both frequency and pulse)
- 2) เปลี่ยนแปลงความถี่โดยความถี่ของพัลส์คงที่ (Constant pulse width with variable frequency)
- 3) เปลี่ยนแปลงความถี่ของพัลส์โดยที่ความถี่คงที่ (Constant frequency with variable pulse width)

โดยการทำงานทั้งสามลักษณะนั้นมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป โดยเรานิยมใช้การทำงานในแบบที่ สองและสาม มากกว่าแบบที่หนึ่ง เนื่องจากสามารถกำหนดความถี่หรือช่วงเวลา t_{on} ที่ทำให้สวิตช์ซึ่งหรืออุปกรณ์ควบคุมการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ

ในปัจจุบันได้มีผู้ผลิต ไอซีในงาน พัลส์วิดมอดูออกมาจำหน่าย โดยได้พัฒนามาเป็นวงจรสำเร็จรูปในไอซีตัวเดียวเหมาะสมสำหรับใช้ในงานในค่านแหล่งจ่ายไฟตรงโดยเฉพาะ ซึ่งในการใช้งานไอซีนั้นสามารถทำได้ง่าย โดยต่ออุปกรณ์ภายนอกเพียงเล็กน้อยซึ่งเป็นการกำหนดจุดการทำงานของไอซีเหล่านี้เพื่อให้สามารถทำงานได้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น



รูปที่ 5.3 โครงสร้างของวงจรพัลส์วิดมอดคูเลชั่น

วงจรจะสร้างสัญญาณพัลส์ เป็นตัวกำเนิดสัญญาณความถี่ และควบคุมความกว้างของสัญญาณพัลส์ตามที่ค่าคำสั่งจ่ายให้กับวงจร สมมุติกำหนดให้ค่าคำสั่งเท่ากับ V_{in} อันเป็นระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับสัญญาณรูปฟันเลื่อยที่ถูกสร้างขึ้นภายในวงจร P.W.M หน้าที่ของวงจรก็คือสร้างสัญญาณรูปฟันเลื่อยและนำมาเปรียบเทียบกับระดับแรงดัน V_{in} จะได้อาท์พุทเป็นสัญญาณพัลส์ที่เปลี่ยนแปลงค่า Duty Cycle แล้วนำไปผ่านวงจรจับมอดเตอร์ต่อไป

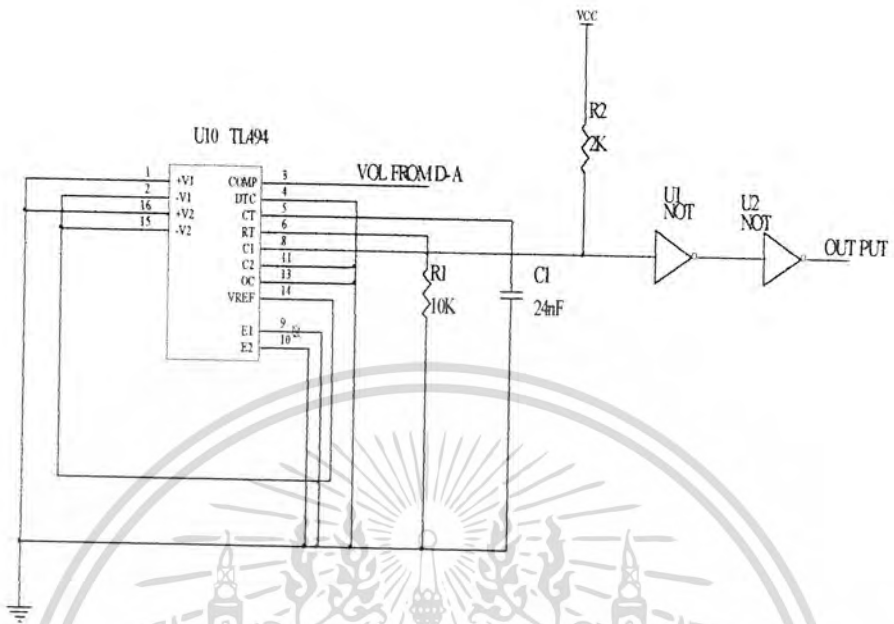
5.2.3 การสร้างวงจรกำเนิดสัญญาณ P.W.M

จากวงในรูปที่ 5.3 วงจรนี้เป็นวงจรกำเนิดสัญญาณรูปพัลส์รูปสี่เหลี่ยม โดยใช้ IC เบอร์ TL 494 มาเป็นกำเนิดสัญญาณพัลส์ โดยเราสามารถควบคุมความถี่ของสัญญาณพัลส์ได้จากค่า R และ C ที่ต่อเข้าไปในวงจร โดยสามารถหาได้จากสูตร

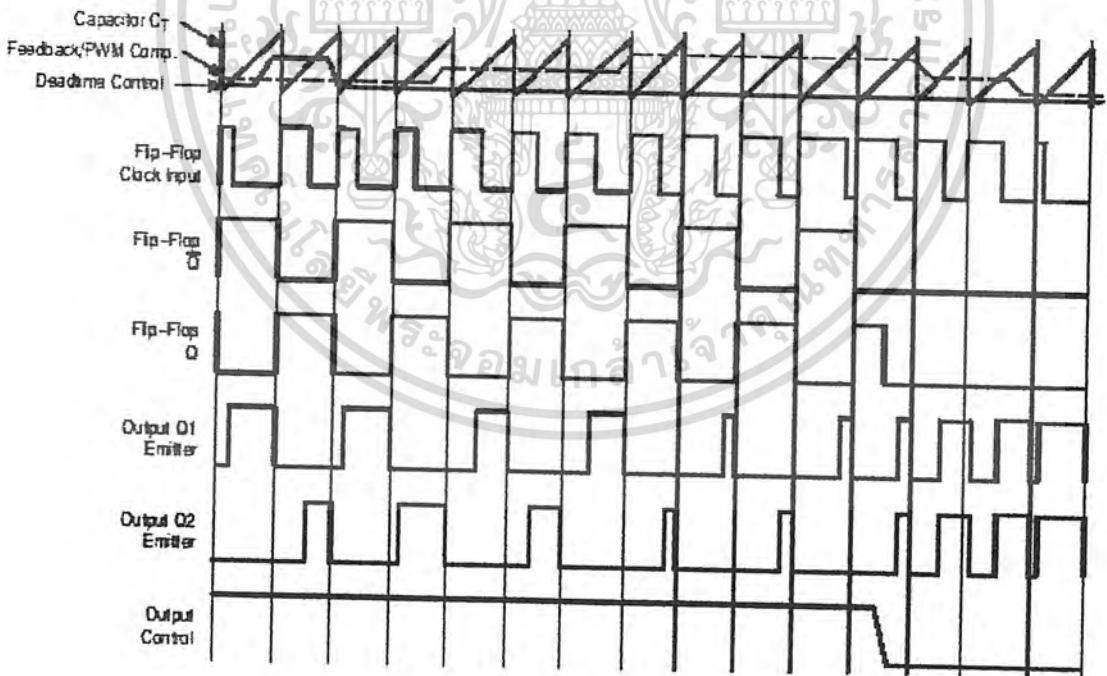
$$f_0 = 1/(R1 \times C1)$$

f_0 = ความถี่ของสัญญาณพัลส์

R1,C1 = ค่าพารามิเตอร์ต่างๆของวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์



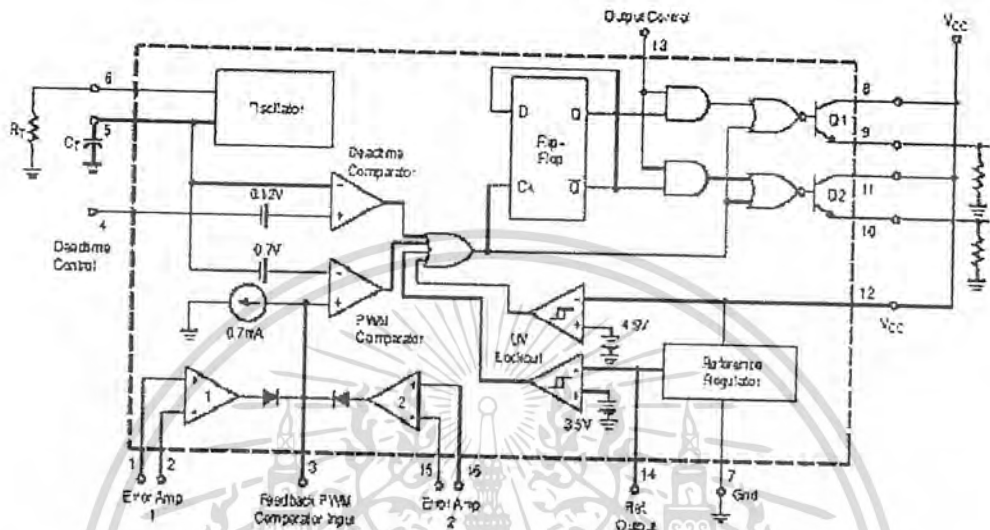
รูปที่ 5.4 วงจรกำเนิดสัญญาณรูปพัลส์



รูปที่ 5.5 รูปคลื่นลักษณะทำงานของไอซี TL494

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TL494, NCV494

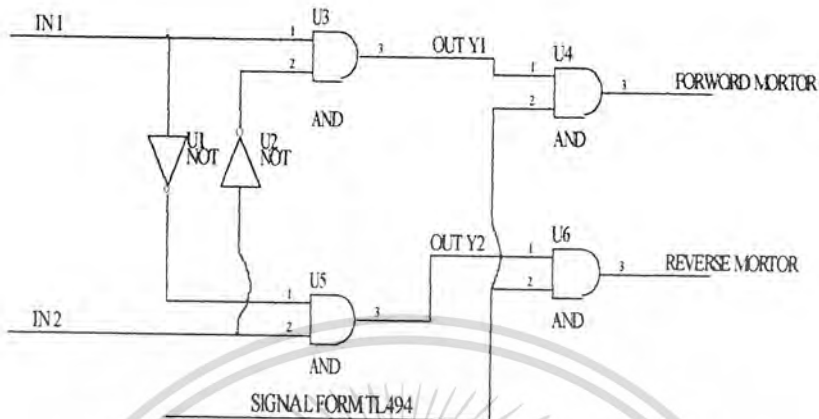


รูปที่ 5.6 โครงสร้างภายในของไอซี TL 494

โดยเราสามารถควบคุมความกว้างของช่วงเวลา t_{on} ของพัลส์เอาต์พุตได้ โดยการเปลี่ยนแปลงแรงดันที่ขา 3 ซึ่งไอซีนั้นจะนำมาเปรียบเทียบกับสัญญาณพื้นเลื้อยที่ได้มาจากวงจร OSC ซึ่งความถี่ของวงจร OSC นั้นกำหนดได้ด้วยค่า R_1 และ C_1 ที่ต่อเข้าไปในวงจร ความกว้างของเอาต์พุตพัลส์ของไอซีนั้นสามารถกำหนดให้มีค่ามากที่สุด หรือมีค่าเท่ากับ 0 ก็ได้ ด้วยการเปลี่ยนแปลงแรงดันที่ขา 3 จาก 0.5 ถึง 3.5 โวลต์ ส่วนเอาต์พุตนั้น นำไปผ่าน NOT GATE 2 ตัว เพื่อปรับค่าแรงดันให้สัญญาณนั้นมีค่าเปลี่ยนแปลงในช่วง 0 – 5 โวลต์ เพื่อนำไปใช้กับไอซีตัวอื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

5.2.4 วงจรควบคุมทิศทางของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.7 วงจรควบคุมทิศทางมอเตอร์

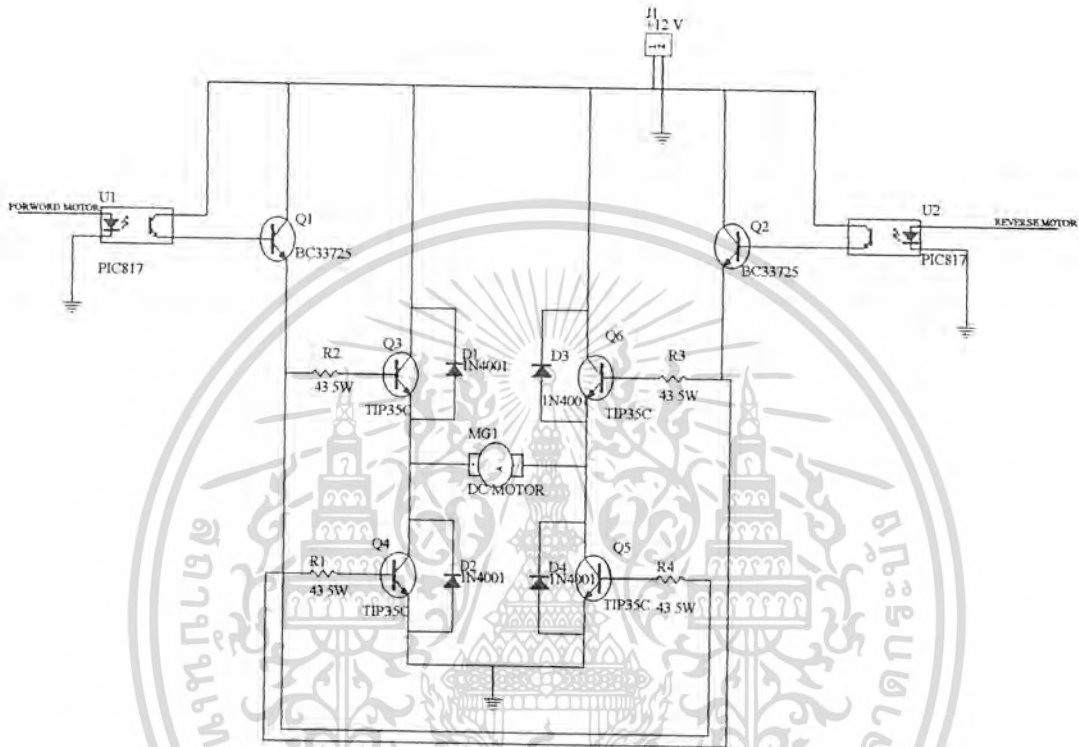
จากรูปที่ 5.4 เป็นการต่อวงจร AND GATE เพื่อกำหนดทิศทางของมอเตอร์ โดยขาอันหนึ่งของ U3 และ U5 จะรับสัญญาณมาจาก MCS 51 มาควบคุมทิศทางของมอเตอร์ โดยเอาที่พุดจะออกมาที่เข้า U4 U6 ถ้ามีสัญญาณลอจิก 1 มาเข้าที่ U 4 หรือ U 6 จะทำให้สัญญาณจากวงจร P.W.M นั้นส่งไปเข้าวงจรขับมอเตอร์ต่อไป

IN 1	IN 2	OUT Y1	OUT Y2
0	0	0	0
1	0	1	0
0	1	0	1
1	1	0	0

ตารางที่ 5.1 ตารางการทำงานของวงจร ควบคุมทิศทางของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 วงจร DRIVE MOTOR



รูปที่ 5.8 วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรง

จากรูปที่ 5.6 เป็นวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง โดยจะรับสัญญาณมาจากวงจรเลือกทิศทาง โดยสัญญาณที่เข้ามาจะเป็น พัลส์รูปสี่เหลี่ยม เข้าไปกระตุ้นการทำงานของไอซี OPTO เป็นจังหวะๆ ถ้าช่วงเวลาของ t ON ที่เข้ามานั้นมีมาก จะทำให้ค่าเฉลี่ยของกระแสไฟฟ้าที่ออกทางขา E ของ ทรานซิสเตอร์นั้นมีมาก ทำให้ ทรานซิสเตอร์ BC 33725 นั้น ได้รับค่ากระแสไบอัสมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับค่าของ t ON ที่เข้ามา จากนั้น กระแสจาก BC 33725 ก็นำไปขับ เพาเวอร์ ทรานซิสเตอร์ แบบ TIP 35 C ไหลผ่าน DC มอเตอร์ โดยเราสามารถควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของ DC มอเตอร์ ได้จากทิศทางการป้อนสัญญาณเข้าไปยัง ไอซี OPTO อันเป็นสัญญาณส่งมาจากวงจรเลือกทิศทางมอเตอร์ ส่วนไดโอดนั้นต่อไว้เพื่อเป็นทางผ่านของกระแสไบอัสกลับของขา C กับ E ทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงาน ได้เร็วขึ้น

บทที่ 6

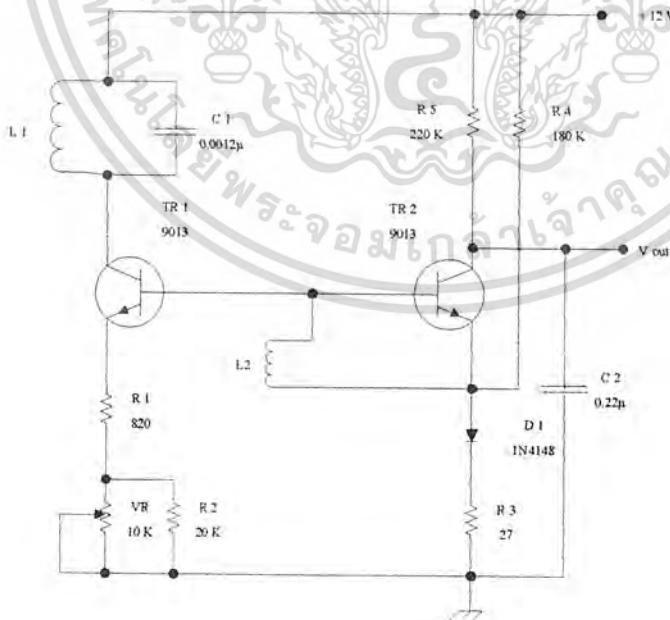
ผลการทดลอง

ในบทนี้เป็นผลการทดลองที่ได้ส่วนต่างของโครงงาน โดยจากผลการทดลองขณะรถจำลอง
อัตโนมัติทำการวิ่งตามวัตถุ โดยแบ่งเป็นส่วนต่างๆดังนี้

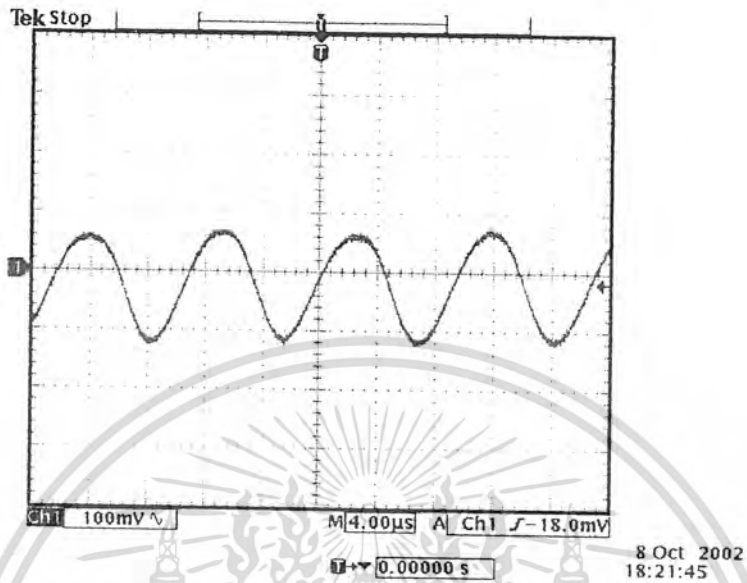
6.1 ผลการทดลองจากวงจรตรวจจับโลหะ

การทดสอบ

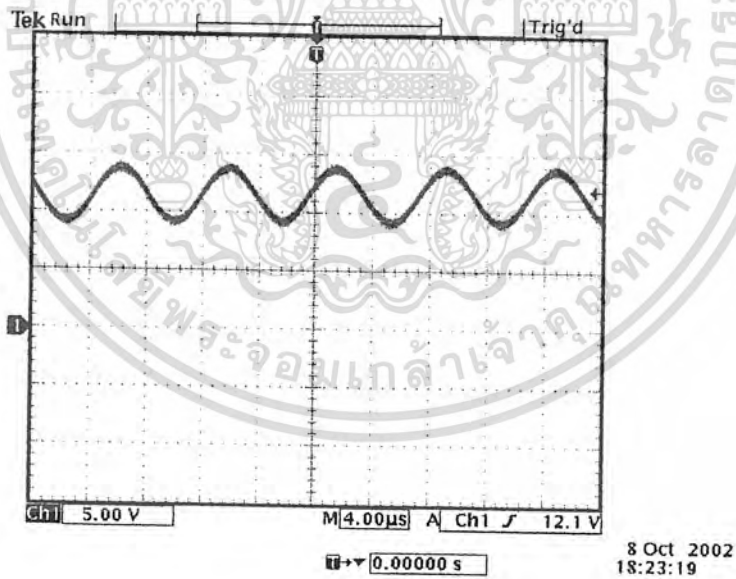
- ป้อนไฟเลี้ยงให้กับวงจร
- ทำการวัดค่าสัญญาณที่วงจรเรโซแนนซ์ ,ขาของทรานซิสเตอร์ ขณะที่ยังไม่มีการตรวจจับโลหะ
- ทำการวัดค่าสัญญาณที่วงจรเรโซแนนซ์ ,ขาของทรานซิสเตอร์ ขณะที่ตรวจพบเส้นโลหะ
- ทำการปลดค่า C 2 ขณะที่ยังไม่มีการตรวจจับโลหะ เพื่อดูผลของ C 2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

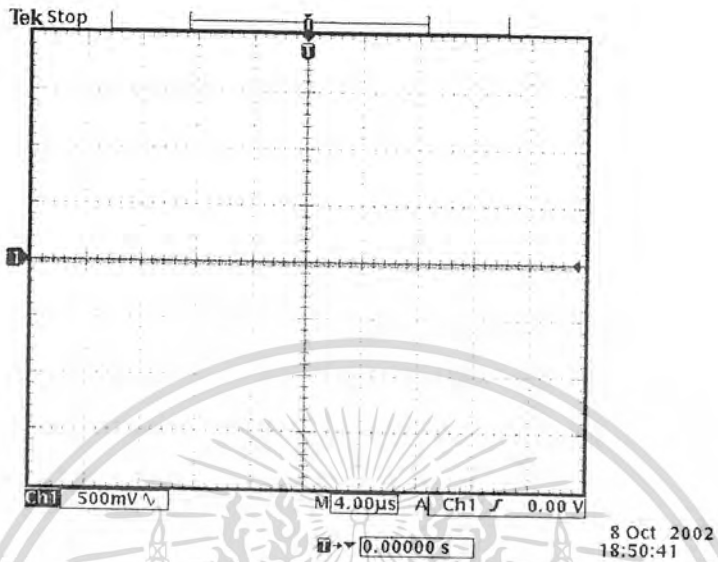


รูปที่ 6.1 รูปสัญญาณจากวงจรเรโซแนนซ์

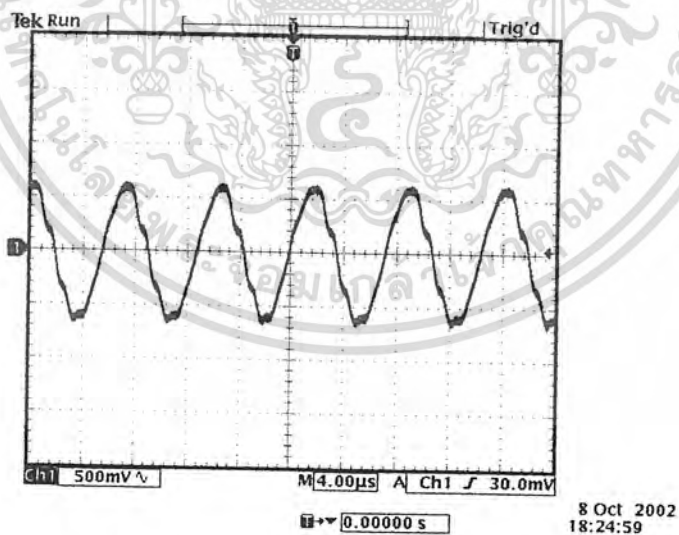


รูปที่ 6.2 สัญญาณที่ขาคอลเลคเตอร์ ของ Tr 1 เมื่อไม่มีโลหะเข้าใกล้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

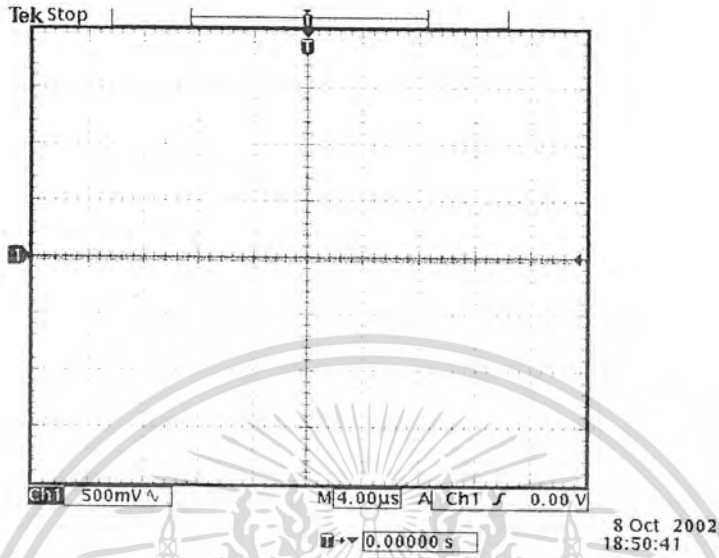


รูปที่ 6.3 สัญญาณที่ขาคอลเลกเตอร์ของ Tr 1 เมื่อตรวจจับโลหะได้

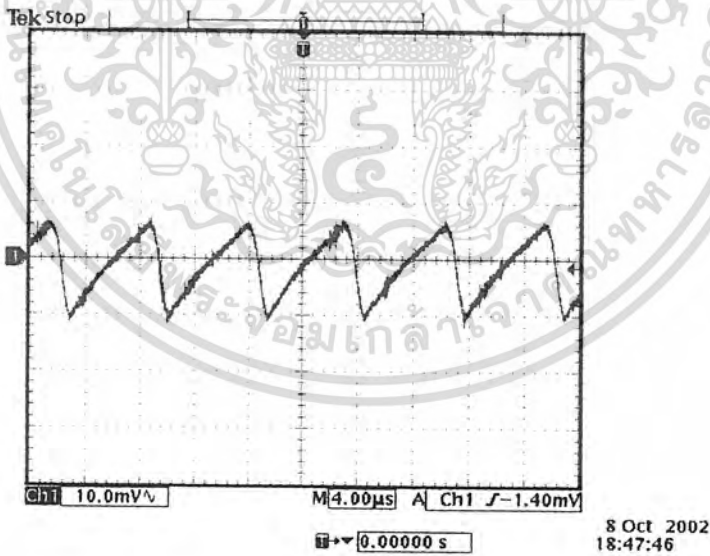


รูปที่ 6.4 รูปสัญญาณที่ขาเบสของ Tr1 และ Tr2 เมื่อ ไม่มีโลหะเข้าใกล้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

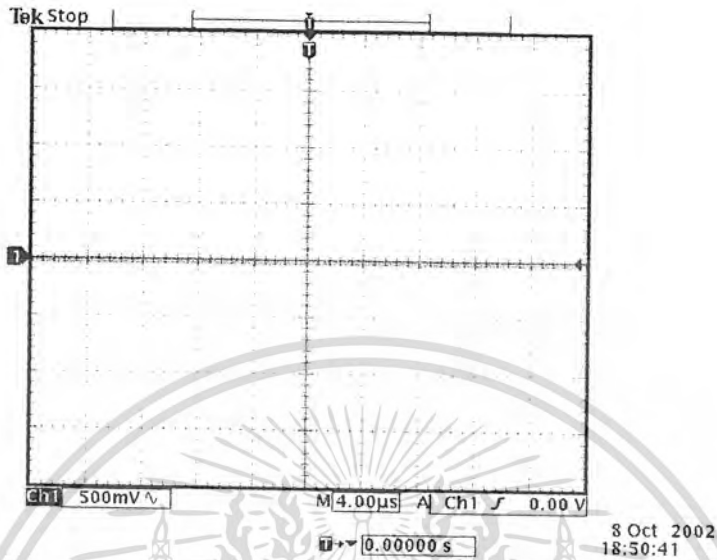


รูปที่ 6.5 สัญญาณจากขาเบสของ Tr1 และ Tr2 ขณะที่ตรวจจับโลหะได้

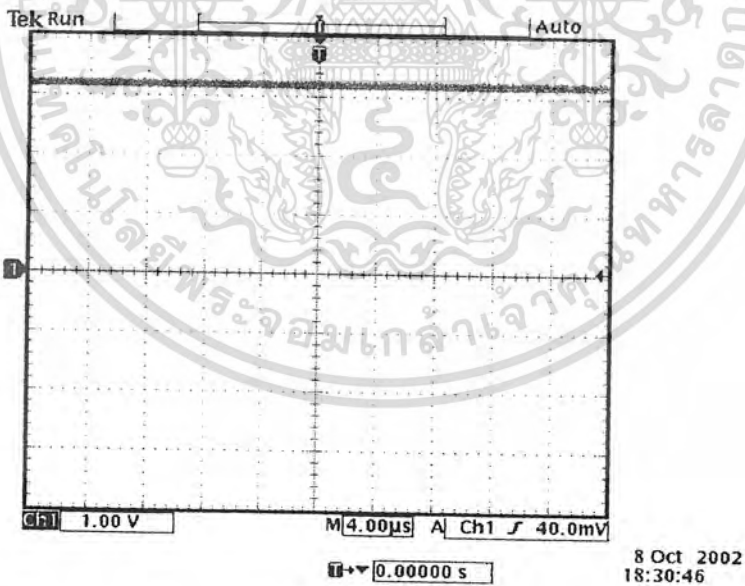


รูปที่ 6.6 สัญญาณจากขาคอลเลคเตอร์ของ Tr 2 ขณะที่เอา C บายพาสออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.7 สัญญาณจากขาคอลเลคเตอร์ของ Tr 2 ขณะที่มี C บายพาส



รูปที่ 6.8 สัญญาณที่ได้จากวงจรควบคุมแรงดันขณะที่มีทรานซิสเตอร์โลหะได้

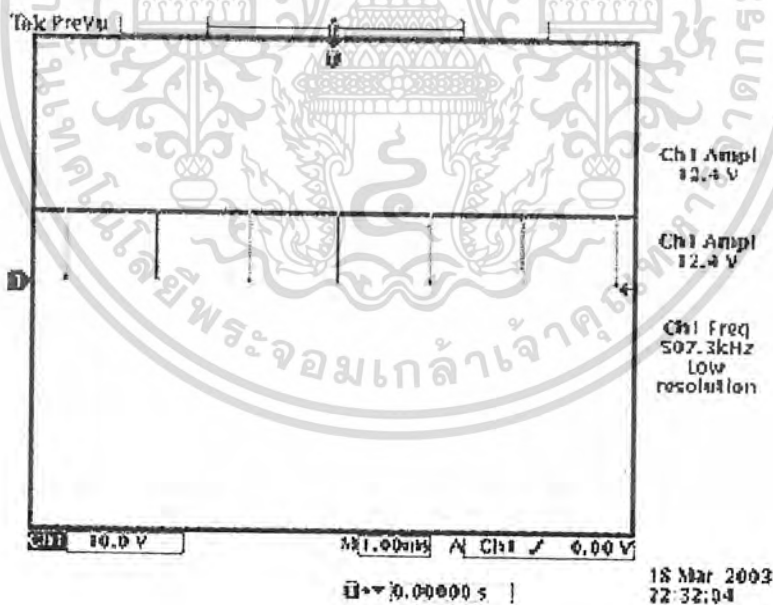
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 ผลการทดลองของวงจร PWM

จากวงจรเราใช้ IC เบอร์ TL494 มาเป็นตัวสร้างพัลส์รูปสี่เหลี่ยม โดยกำหนดค่าความถี่เริ่มแรกมาจาก ค่า R1 และ C1 ที่ต่ออยู่ในวงจรมีค่าเท่ากับ $1/(RC)=1/(10K * 24 \text{ nF})=4.16K \text{ Hz}$

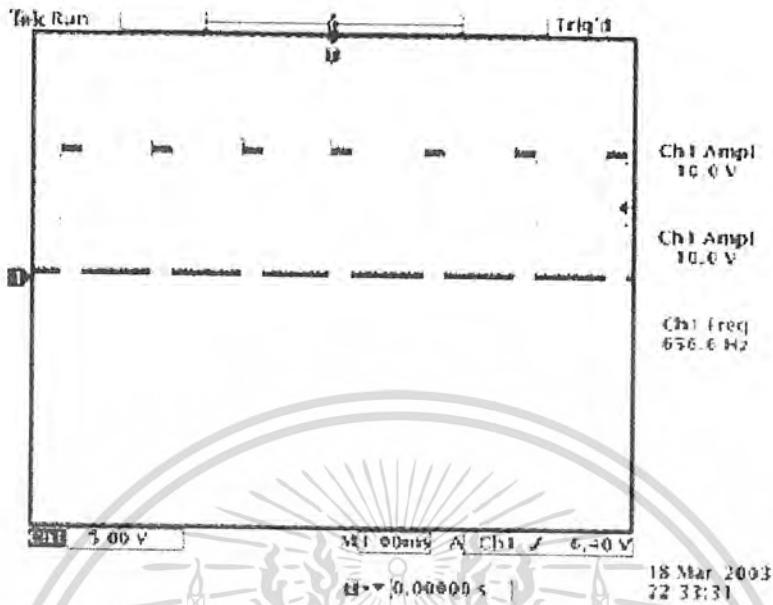
การทดสอบ

- ทำการป้อนไฟเลี้ยงให้กับวงจร
- ทำการป้อนแรงดันให้กับขา 3 ของ TL 494 = 4.5 โวลต์ บันทึกผลการทดลอง
- ทำการป้อนแรงดันให้กับขา 3 ของ TL 494 = 1.5 โวลต์ บันทึกผลการทดลอง



รูปที่ 6.9 สัญญาณ V_{out} ของ TL494 เมื่อแรงดันอินพุต = 4.5 โวลต์

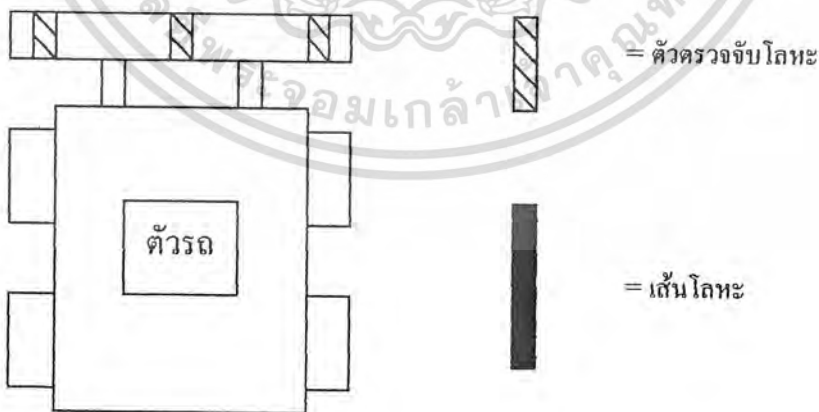
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.10 สัญญาณ Vout ของ TL494 เมื่อแรงดันอินพุต = 1.5 โวลต์

6.3 ผลการทดลองเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของรถจำลอง

ในการทดสอบการทำงานเบื้องต้นของรถจำลองหลังจากการประกอบระบบขับเคลื่อนและระบบควบคุมการเคลื่อนที่เข้ากับตัวรถ โดยการทดลองจะใช้แหล่งจ่ายพลังงานเป็นแบตเตอรี่ 12 โวลต์ 7Ah



รูปที่ 6.11 โครงสร้างของรถและอุปกรณ์ที่ทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยการทดลองนั้นจะแบ่งเป็น 2 ส่วน

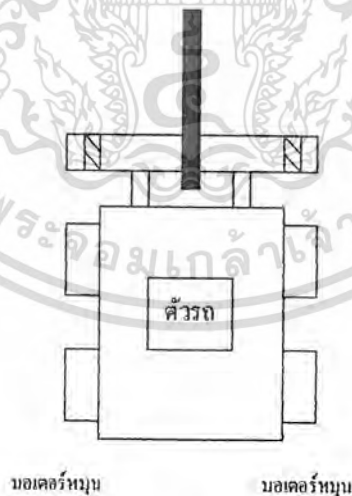
6.3.1 การทดสอบขณะรถวิ่งในเส้นทางตรง

การทดสอบ

- ป้อนไฟเลี้ยงให้กับวงจร
- ทำการนำเส้น โลหะที่มีลักษณะเป็นเส้นตรงมาเป็นทิศทางให้กับตัวรถ สังเกตลักษณะการเคลื่อนที่ของรถ

ผลการทดลอง

- ผลปรากฏว่าเมื่อตัวตรวจจับโลหะตัวกลุ่มนั้นสามารถตรวจจับโลหะได้ รถจำลองจะทำการวิ่งไปตามเส้นโลหะได้ โดยมอเตอร์ทั้ง 2 ข้างจำทำการหมุน แต่รถจำลองไม่สามารถวิ่งเป็นทิศทางตรงได้ 100% โดยตัวรถจะเบี่ยงเบนจากเส้นโลหะอย่างช้าๆ เมื่อรถจำลองวิ่งตามเส้นโลหะแบบตรงไปเป็นระยะทาง 15 เมตร ก็จะหลุดจากการตรวจจับของตัวตรวจจับโลหะตัวกลาง



รูปที่ 6.12 การทดสอบระบบขับเคลื่อนของรถขณะทำการวิ่งไปทางตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3.2 ทดสอบระบบขับเคลื่อนเมื่อทำการเดี่ยว

ทำโดยการจ่ายไฟ DC 12 V ให้กับวงจรภายในรถจำลองแล้วนำเหล็กลักษณะเป็นเส้นตรงมาเป็นทิศทางให้กับตัวรถ โดยเราจะกำหนดเส้น โลหะให้เป็นทิศทางหักเหไปทางซ้ายหรือ ไปทางขวา

6.3.2.1 เมื่อเส้นโลหะหักเหไปทางขวา

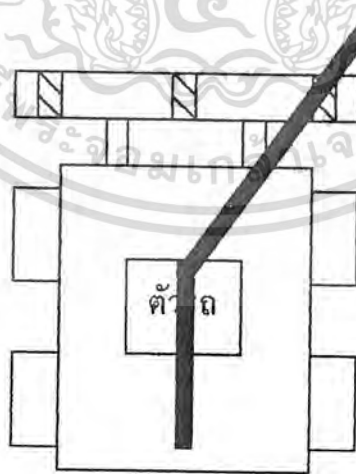
6.3.2.1

การทดสอบ

- ป้อน ไฟเลี้ยง ให้กับวงจร
- ทำการนำเส้น โลหะที่มีลักษณะเป็นเส้นตรงหักเหไปทางขวามาเป็นทิศทางให้กับตัวรถ สังเกตลักษณะการเคลื่อนที่ของรถ

ผลการทดลอง

- เมื่อรถจำลองนั้นทำการวิ่งมาพบกับเส้น โลหะที่ หักเห ตัวตรวจจับโลหะ ทางด้านขวาจะตรวจรับสัญญาณจากเส้น โลหะ จากนั้นมอเตอร์ทางด้านซ้ายจะทำการหมุน ส่วนมอเตอร์ทางด้านขวานั้นจะหยุดหมุน ทำให้รถจำลองเคลื่อนที่ไปทางด้านขวาเรื่อยๆ จบจนแท่งตัวตรวจจับโลหะตรงกลางนั้น สามารถตรวจพบเจอเส้น โลหะอีกครั้ง มอเตอร์ทั้งสองด้านจะทำการหมุน รถจำลองก็จะเริ่มเคลื่อนที่ไปข้างหน้าอีกครั้ง



มอเตอร์หมุน

มอเตอร์หยุดหมุน

รูปที่ 6.13

การทดสอบระบบขับเคลื่อนของรถขณะทำการวิ่งไปทางขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

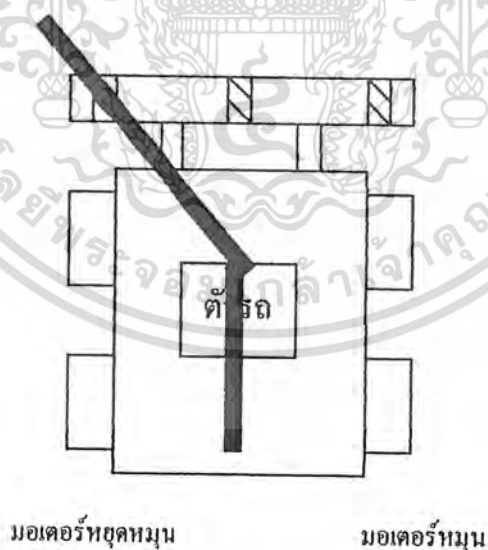
6.3.2.2 เมื่อเส้นโลหะนั้นหักเหไปทางด้านซ้าย

การทดสอบ

- ป้อนไฟเลี้ยงให้กับวงจร
- ทำการนำเส้น โลหะที่มีลักษณะเป็นเส้นทางหักเหไปทางซ้ายมาเป็นที่วางให้กับตัวรถ
สังเกตลักษณะการเคลื่อนที่ของรถ

ผลการทดลอง

- เมื่อเส้นโลหะนั้นหักเหไปทางทิศซ้าย เมื่อรถจำลองนั้นทำการวิ่งมาพบกับเส้น โลหะที่หักเห ตัวตรวจจับโลหะ ทางด้านซ้ายจะตรวจรับสัญญาณจากเส้น โลหะ จากนั้นมอเตอร์ทางด้านขวาจะทำการหมุน ส่วนมอเตอร์ทางด้านซ้ายนั้นจะหยุดหมุน ทำให้รถจำลองเคลื่อนที่ไปทางด้านซ้ายเรื่อยๆ จบวงจรแท่งตัวตรวจจับโลหะตรงกลางนั้น สามารถตรวจพบเจอเส้น โลหะอีกครั้ง มอเตอร์ทั้งสองด้านจะทำการหมุน รถจำลองก็จะเริ่มเคลื่อนที่



รูปที่ 6.14

การทดสอบระบบขับเคลื่อนของรถขณะที่ทำการวิ่งไปทางซ้าย

6.4 การวัดความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถจำลอง

การทดสอบ

- ทำการป้อนไฟเลี้ยงให้กับวงจร
- นำเส้นโลหะที่มีความยาว 183 c.m. หรือ 1.83 m มาทำเป็นทิศทางการวิ่งให้กับรถจำลอง
- จับเวลาตั้งแต่ที่รถจำลองเริ่มตรวจจับโลหะ ได้ จนถึงสุดเส้นโลหะยาว 1.83 m

ผลการทดลอง

- รถจำลองวิ่งตามวัตถุสามารถวิ่งได้ 1.83 m ภายในเวลา 15 วินาที หรือคิดในหน่วย เมตร / วินาที จะ ได้ 0.122 เมตร / วินาที
- คิดในหน่วย กิโลเมตร / วินาที เท่ากับ $[0.122 \times 3600] / [1000] = 0.4392$ กิโลเมตร / ชั่วโมง

6.5 การวัดมุมในการเลี้ยวของรถจำลอง

การทดสอบ

- ทำการป้อนไฟเลี้ยงให้กับวงจร
- ทำการนำเส้นโลหะที่มีลักษณะเป็นเส้นทางหักเห ไปทางซ้ายและขวาเป็นทิศทางให้กับตัวรถ วัดมุมในการเลี้ยวของรถจำลอง

ผลการทดลอง

- เมื่อรถจำลองนั้นทำการเลี้ยวในทางด้านซ้าย สามารถวัดจากแนวตัวรถได้เป็นมุม 20 องศา
- เมื่อรถจำลองนั้นทำการเลี้ยวในทางด้านขวา สามารถวัดจากแนวตัวรถได้เป็นมุม 25 องศา

6.6 การวัดระยะสูงสุดที่ตัวตรวจจับโลหะทำการตรวจจับโลหะได้

การทดสอบ

- ทำการป้อนไฟเลี้ยงให้กับวงจร
- นำเอาเส้นโลหะมาชิดกับตัวตรวจจับ โลหะ จากนั้นค่อยๆถอยออกห่าง จนถึงระยะที่มากที่สุดที่ตัวตรวจจับ โลหะนั้นยังสามารถตรวจจับได้ บันทึกผล

ผลการทดลอง

- ตัวตรวจจับ โลหะ สามารถตรวจจับ โลหะ ได้ เมื่อผิวของเส้น โลหะ กับ ตัวตรวจจับ โลหะ นั้นห่างกันอย่างมากที่สุด 3.5 ซม.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

ปัญหาและแนวทางแก้ไข

7.1 การตรวจจับเส้นโลหะ

จากการทดลอง รถจำลองสามารถตรวจจับเส้นโลหะ ได้สูงสุด 3.5 ซม. ม แต่เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสถานที่ทำการทดลอง หรือการเปิด ปิด สวิตซ์การทำงาน ระยะการตรวจจับนั้นจะเปลี่ยนไป ทำให้บางครั้งการตรวจจับนั้นผิดพลาด

สาเหตุ

- ผลของอุณหภูมิภายนอกที่มีต่อวงจรตรวจจับโลหะ ทำให้ค่า กระแสในวงจรนั้นเปลี่ยนแปลง อันมีผลกับสนามแม่เหล็กที่นำมาใช้ตรวจจับเส้น โลหะด้วย

แนวทางการแก้ไข

- ใช้เส้นลวดขนาดใหญ่ในการพันคอยล์ที่ใช้ในวงจรตรวจจับเส้น โลหะ จะทำให้กระแสที่ไหลในคอยล์นั้นมีมาก เป็นผลให้สนามแม่เหล็กที่แผ่ออกจากคอยล์นั้นมีค่ามาก จะทำให้สามารถตรวจจับโลหะในระยะสูงสุด ได้มากกว่า 3.5 ซม. ม แม้ว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงอันเนื่องมาจากผลของอุณหภูมิ

7.2 ความสามารถในการขับเคลื่อนของรถจำลอง

จากการทดลองทำการเลี้ยวไปทางซ้ายหรือทางขวา การทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้น จะเหลือการทำงานเพียงตัวเดียว ในบางครั้ง แรงจุดของมอเตอร์ไม่สามารถลากรถให้เคลื่อนที่ให้เลี้ยวต่อไปได้

สาเหตุ

- ในโครงการนี้ ใช้มอเตอร์กระแสตรงนั้นมีคุณสมบัติใช้งานที่ 24 V 1.7 A แต่แหล่งจ่ายในโครงการนี้เพียง 12 V ทำให้ไม่สามารถออกแบบวงจรจับมอเตอร์ ให้ทำงานได้เต็มประสิทธิภาพได้
- ระบบเฟืองล้อ ในบางกรณี นั้น เกิดการขัดกันของชุดเฟืองกับ โครงเหล็กของรถ จะให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานพยานนั้นไม่สามารถหมุนได้เป็นปกติ

- ล้อของรถจำลองนั้นในโครงงานนี้นั้น เป็นล้อยางที่มีความฝืดกับพื้นผิวสูง เมื่อนำไปทดลองวิ่งในพื้นที่ที่ผิวมีความฝืดสูงเช่น กระจเบื้องยาง เป็นต้น จะเป็นการเพิ่มภาระให้กับมอเตอร์อย่างมาก

แนวทางการแก้ไข

- ใช้แบตเตอรี่ 12 V 2 ตัวมาต่ออนุกรมกัน และออกแบบวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ ให้สามารถขับเคลื่อนมอเตอร์ได้เต็มที่
- ศึกษาวิธีแบบของคัวอย่างระบบขับเคลื่อนที่มีอยู่แล้วอย่างละเอียด แล้วนำมาสร้างเป็นตัวรถ หรือใช้ชุดขับเคลื่อนสำเร็จรูปที่ขายตามท้องตลาด แต่ค่อนข้างจะมีราคาแพง
- ใช้วัสดุที่มีความฝืดน้อยมาทำการสร้างเป็นล้อรถ หรือใช้ล้อรถที่มีพื้นที่ผิวที่สร้างด้วยวัสดุที่มีความฝืดต่างๆ

7.3 ลักษณะการเลี้ยวของรถจำลอง

จากการทดลอง ทำการเลี้ยวไปทางซ้ายหรือทางขวา เมื่อรถจำลองทำการเลี้ยวจนกลับมาตรวจจับเส้น โลหะตรงกลางได้อีกครั้ง จะไม่พอดีกับตรงกลางของเส้น โลหะ กับตัวตรวจจับ โลหะตัวกลางแต่จะตรวจพบเจอก่อนที่จะมาอยู่ตรงกลางเป็นระยะ 1.5 ซม. ทำให้รถจำลองไม่สามารถวิ่งไปในลักษณะตามเส้น โลหะทุกประการ แต่จะส่ายไปส่ายมาในพื้นที่ของเส้น โลหะ

สาเหตุ

- ขณะนี้ส่วน โปรแกรมควบคุมไม่สามารถทำให้รถจำลองเคลื่อนที่ได้ตามลักษณะของเส้น โลหะทุกประการ
- ระยะห่างของตัวตรวจจับ โลหะนั้นมีระยะ 16 ซม. ม นั้นกว้างเกินไป ทำให้รถมีระยะของการส่ายไปมา

แนวทางการแก้ไข

- ทำการเขียน โปรแกรมควบคุมให้มีการหน่วงเวลา จนกว่าตัวตรวจจับ โลหะตัวกลางจะอยู่กึ่งกลางของเส้น โลหะ
- ทำการสร้างให้ตัวตรวจจับ โลหะนั้นมีระยะห่างกันให้น้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 8

บทสรุปและแนวทางการพัฒนา

จากการทดลองและนำมาเขียนสรุปเป็นคุณสมบัติและวิธีการใช้งาน ได้ดังนี้

8.1 คุณสมบัติของรถจำลองเคลื่อนที่ตามวัตถุ

- รถจำลองเคลื่อนที่ตามวัตถุสามารถเคลื่อนที่ตามวัตถุ ซึ่งในโครงการนี้ใช้เส้น โลหะนำมาเป็นวัตถุ สามารถเคลื่อนที่ในแนวตรงด้วยความเร็ว = 0.4392 กิโลเมตร / ชั่วโมง
- รถจำลองเคลื่อนที่ตามวัตถุสามารถเลี้ยวตามเส้น โลหะ ไปทางซ้าย ด้วยมุมในการเลี้ยว 20 องศา
- รถจำลองเคลื่อนที่ตามวัตถุสามารถเลี้ยวตามเส้น โลหะ ไปทางขวา ด้วยมุมในการเลี้ยว 25 องศา
- รถจำลองเคลื่อนที่ตามวัตถุสามารถตรวจจับเส้น โลหะ ด้วยระยะห่างระหว่างผิวของเส้น โลหะ กับ คอยล์ที่ทำการตรวจจับเส้น โลหะ เป็นระยะทางมากที่สุด 3.5 ซม.

8.2 แนวทางการพัฒนา

โดยโครงการนี้เป็นการพัฒนาระบบรถจำลองเคลื่อนที่ตามเส้น โลหะ โดยอาศัยคุณสมบัติของเส้นแรงแม่เหล็กมาเป็นตัวตรวจจับเส้น โลหะ โดยขณะนี้สามารถตรวจจับ โลหะ ได้สูงสุด เท่ากับ 3.5 ซม. ม ซึ่งสามารถจะพัฒนาด้วยการเพิ่มกระแสให้ไหลผ่านตัวตรวจจับ โลหะ ให้มากขึ้น อันจะทำให้ระยะการตรวจจับ โลหะ นั้นมากขึ้น เพื่อให้สามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยเราสามารถจะพัฒนานำไปเป็นประยุกต์เป็นตัวตรวจจับ โลหะ ที่ควบคุม โดยระบบทางคอมพิวเตอร์ หรือว่าบังคับด้วยคลื่นวิทยุ เพื่อให้ในการตรวจจับ โลหะ บนพื้น ได้ แล้วส่งสัญญาณเพื่อให้รู้ว่าตรวจจับเจอ โลหะ แล้ว

บรรณานุกรม

1. เกรียงศักดิ์ ชัยสวัสดิ์, อุกฤษณ์ เสหาะวัฒน์, “รถเข็นไฟฟ้าสำหรับผู้ป่วย ความคุมด้วยจอยสติค”, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง, ปีการศึกษา 2544
2. รศ.สมยศ จุณณะปิยะ, “การประยุกต์ใช้งาน ไมโครคอนโทรเลอร์”, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง, พ.ศ 2543
3. โยธิน เปรมปราณีรัชต์, “ระบบเซอร์โวและอิเล็กทรอนิกส์คอนโทรลมอเตอร์”, สจล. , 2533



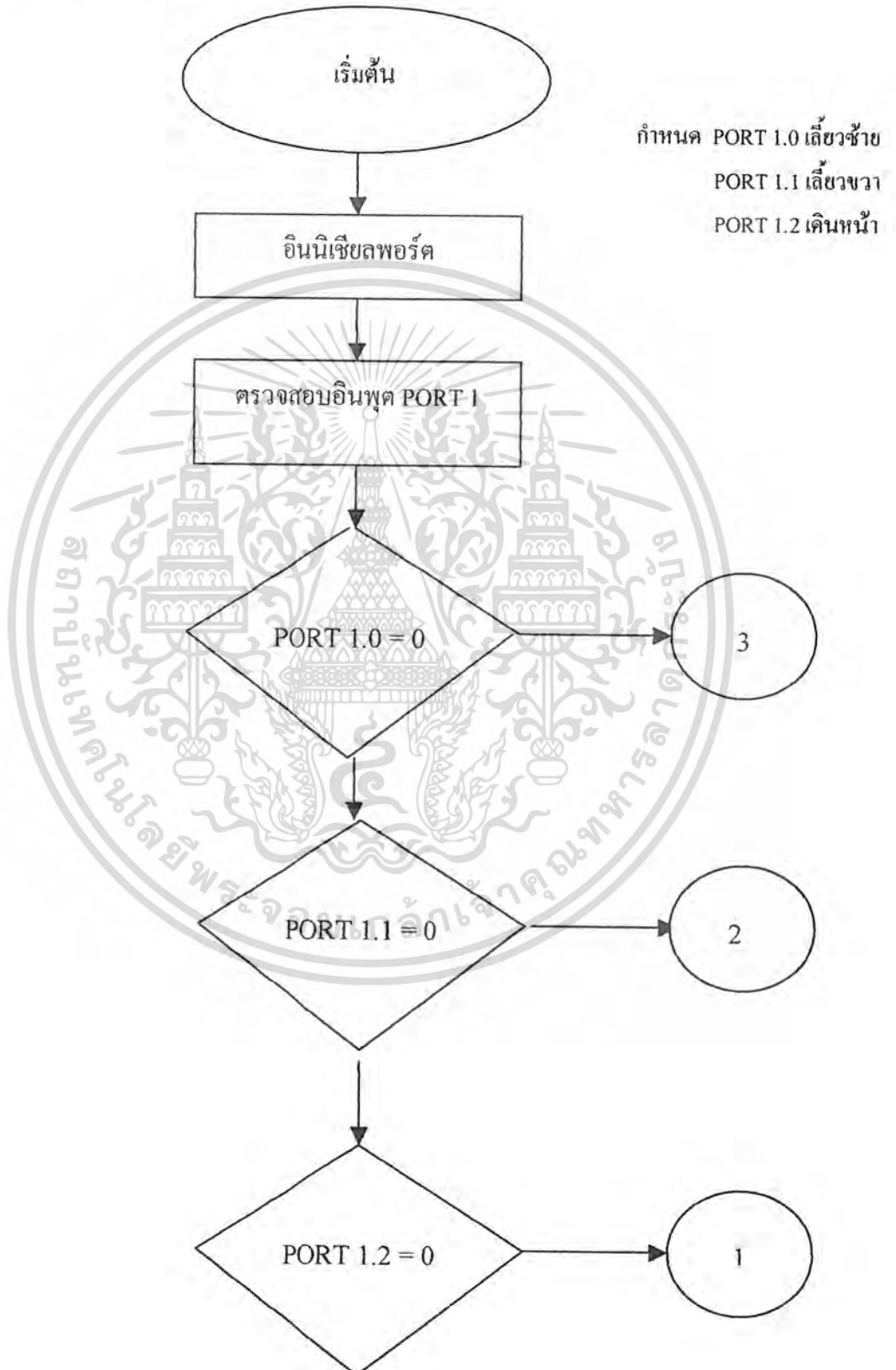
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



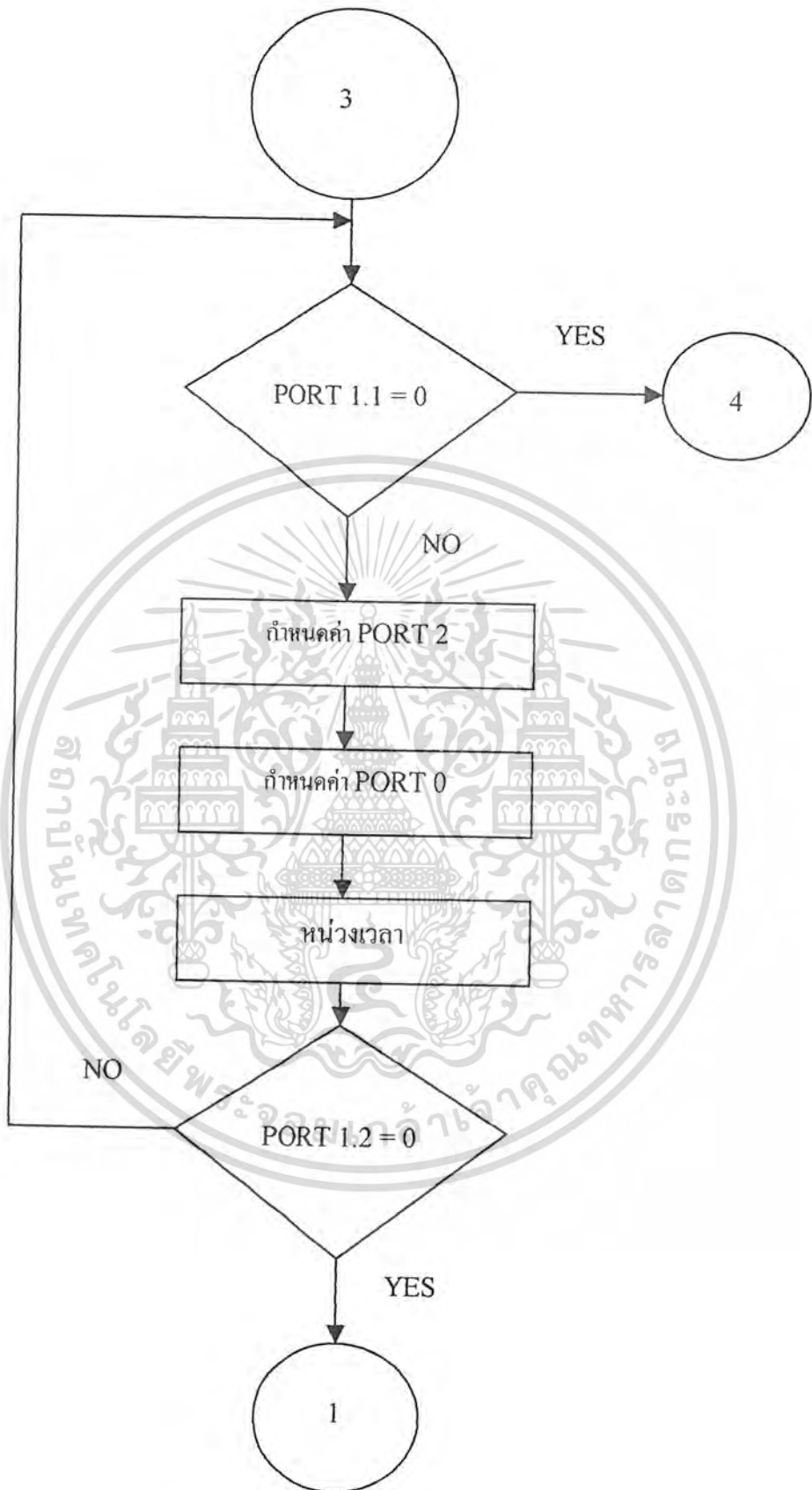
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

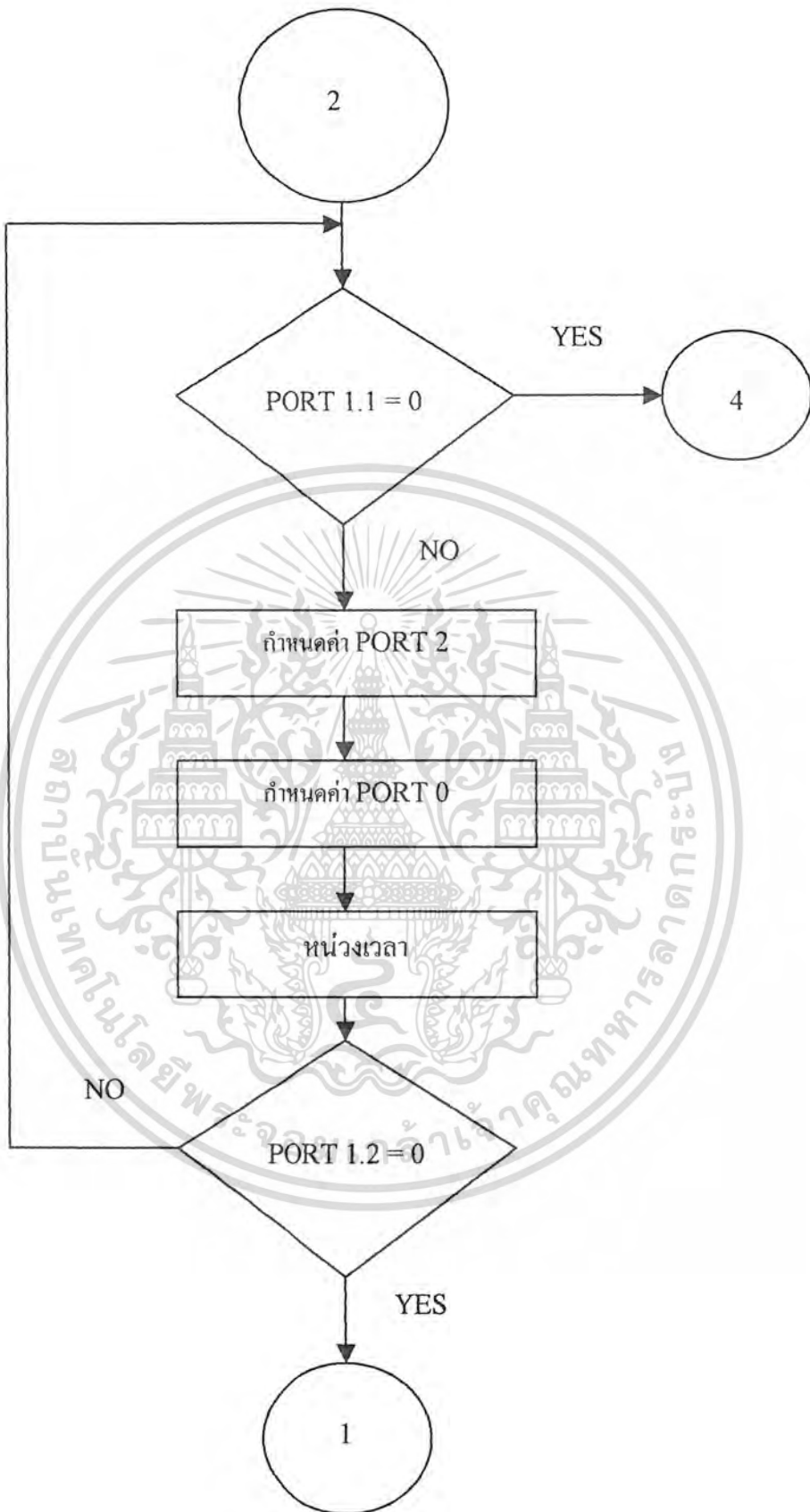
1. Flow Chart ของโปรแกรมควบคุมการทำงาน



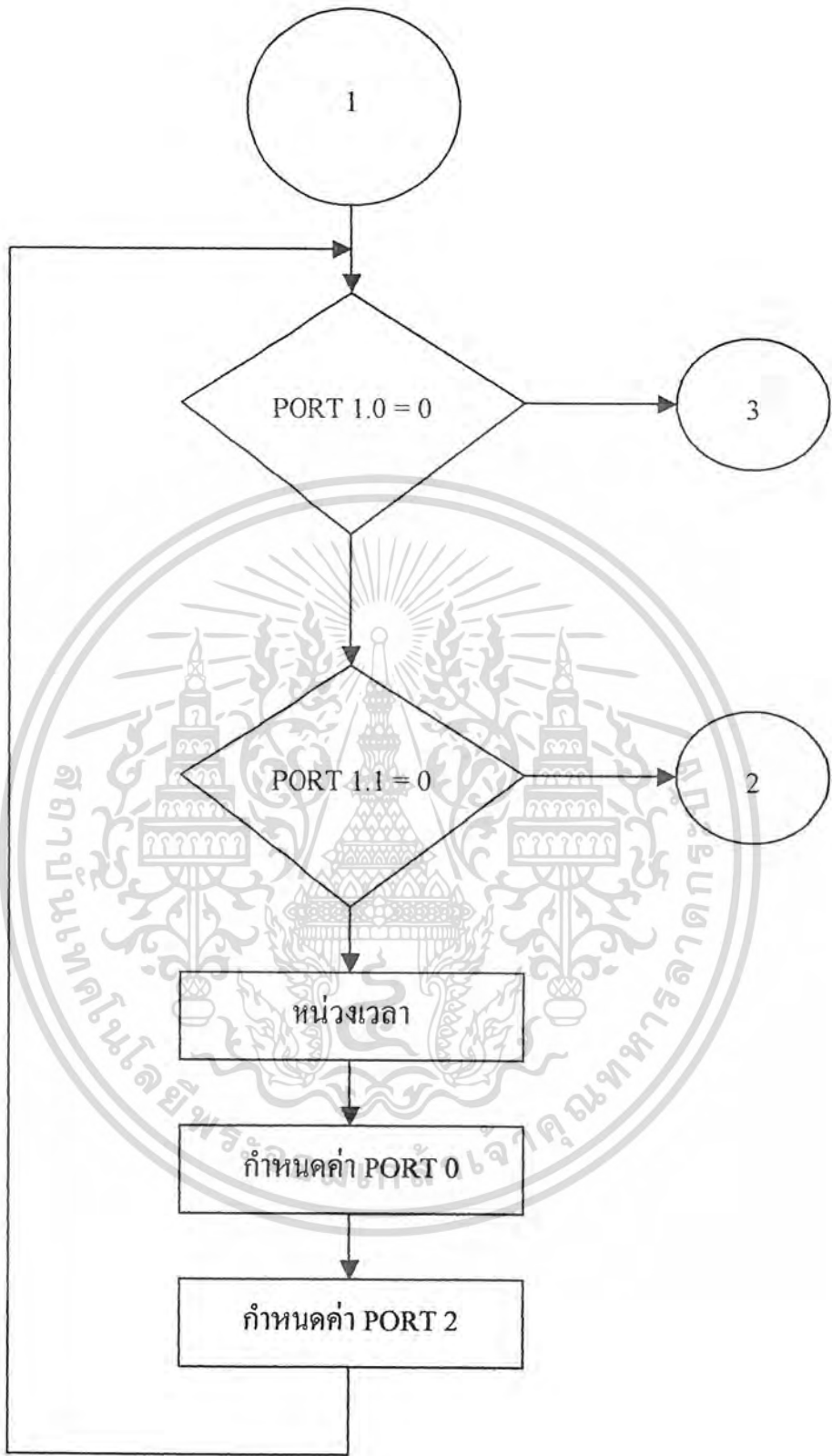
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



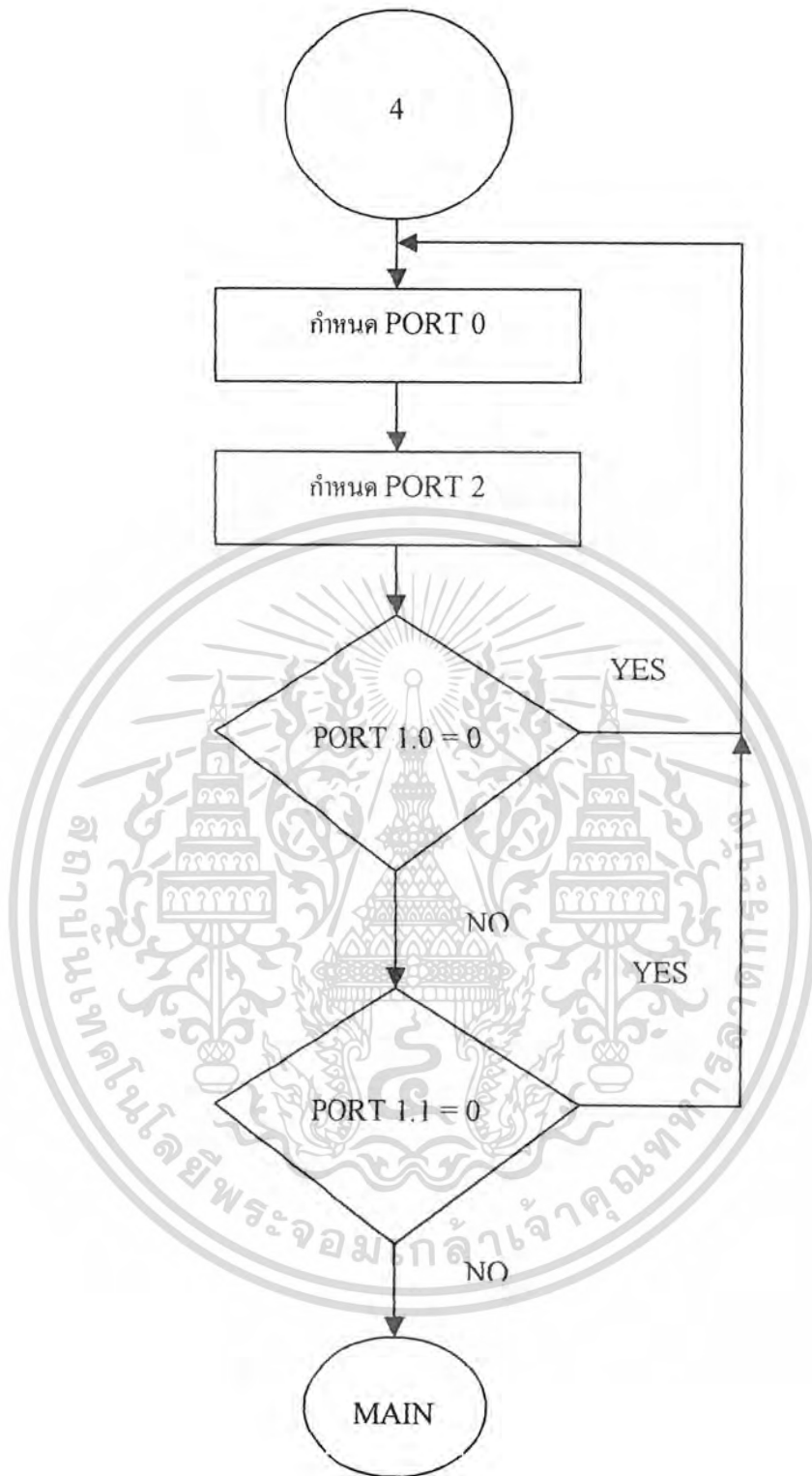
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. โปรแกรมการทำงาน

```
;*****  
;  
; Define port  
;*****  
  
l_chk bit P1.0  
r_chk bit P1.1  
c_chk bit P1.2  
;*****  
;  
; Main program  
;*****  
  
org 0000h  
main: jnb l_chk,turn_l ;Left  
acall delay ;Delay  
jnb r_chk,turn_r ;Right  
acall delay  
jnb c_chk,go_on ;Front  
acall delay  
mov p2,#00h  
mov p0,#0FFh  
jmp main  
  
;*****  
;  
;*****  
  
go_on: jnb l_chk,turn_l ;Left
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    acall delay          ;Delay
    jnb  r_chk,turn_r   ;Right
    acall delay
    mov   p0,#06h
    mov   p2,#0FFh
    acall delay
    ljmp  go_on

```

```

;.....

```

```

;   Turn Left

```

```

;.....

```

```

turn_l:  jnb  r_chk,stop      ;Right
         mov   p0,#06h
         mov   p2,#0Fh
         acall delay
         jnb  c_chk,go_on
         jmp   turn_l

```

```

;.....

```

```

;   Turn Right

```

```

;.....

```

```

turn_r:  jnb  l_chk,stop
         mov   p0,#06h
         mov   p2,#0F0h
         acall delay
         jnb  c_chk,go_on

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ljmp turn_r
```

```
;*****
```

```
; Stop part
```

```
;*****
```

```
stop: mov p2,#00h
```

```
mov p0,#00h
```

```
jnb l_chk,stop
```

```
jnb r_chk,stop
```

```
ljmp main
```

```
;*****
```

```
; Dummy Delay
```

```
;*****
```

```
delay: mov R7,#15
```

```
delay_1:mov R6,#0E6H
```

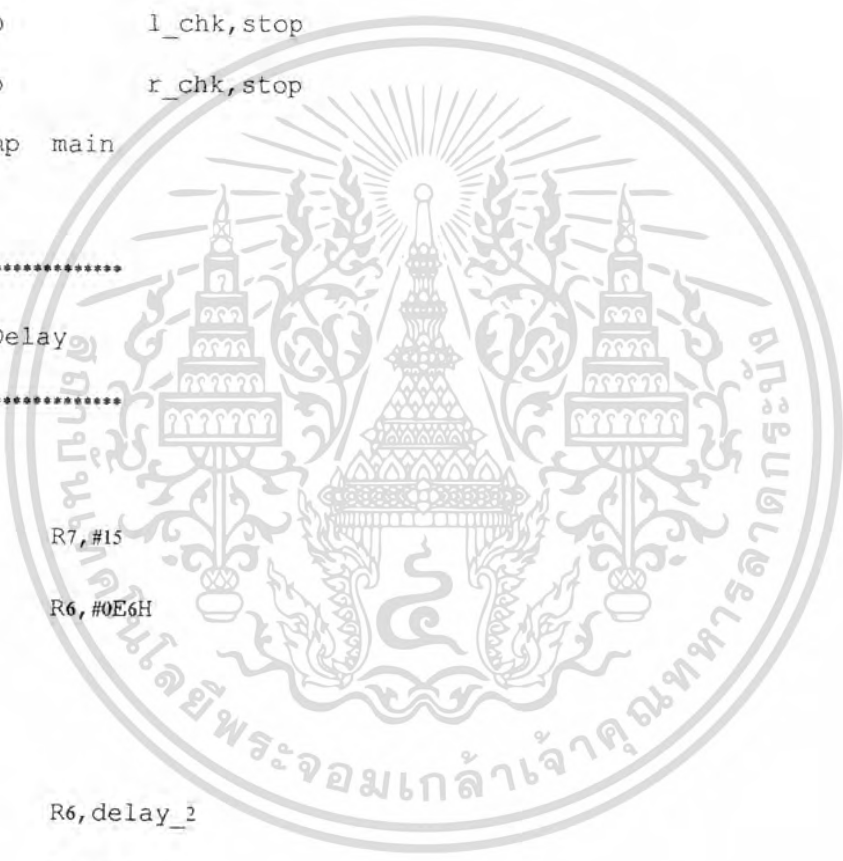
```
delay_2:nop
```

```
nop
```

```
djnz R6,delay_2
```

```
djnz R7,delay_1
```

```
ret
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TL494, NCV494

SWITCHMODE™ Pulse Width Modulation Control Circuit

The TL494 is a fixed frequency, pulse width modulation control circuit designed primarily for SWITCHMODE power supply control.

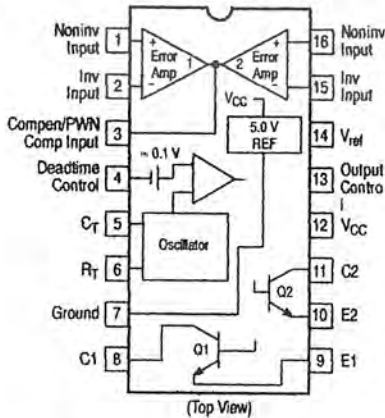
- Complete Pulse Width Modulation Control Circuitry
- On-Chip Oscillator with Master or Slave Operation
- On-Chip Error Amplifiers
- On-Chip 5.0 V Reference
- Adjustable Deadtime Control
- Uncommitted Output Transistors Rated to 500 mA Source or Sink
- Output Control for Push-Pull or Single-Ended Operation
- Undervoltage Lockout

MAXIMUM RATINGS (Full operating ambient temperature range applies, unless otherwise noted.)

Rating	Symbol	Value	Unit
Power Supply Voltage	V_{CC}	42	V
Collector Output Voltage	V_{C1}, V_{C2}	42	V
Collector Output Current (Each transistor) (Note 1)	I_{C1}, I_{C2}	500	mA
Amplifier Input Voltage Range	V_{IR}	-0.3 to +42	V
Power Dissipation @ $T_A \leq 45^\circ\text{C}$	P_D	1000	mW
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient	$R_{\theta JA}$	80	$^\circ\text{C}/\text{W}$
Operating Junction Temperature	T_J	125	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range	T_{stg}	-55 to +125	$^\circ\text{C}$
Operating Ambient Temperature Range	T_A	-40 to +125	$^\circ\text{C}$
TL494B		0 to +70	
TL494C		-40 to +85	
TL494I		-40 to +125	
NCV494B			
Derating Ambient Temperature	T_A	45	$^\circ\text{C}$

1. Maximum thermal limits must be observed.

PIN CONNECTIONS



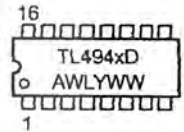
ON Semiconductor®

<http://onsemi.com>

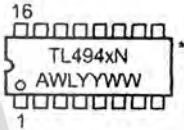
MARKING DIAGRAMS



SO-16
D SUFFIX
CASE 751B



PDIP-16
N SUFFIX
CASE 648



x = B, C or I
A = Assembly Location
WL, L = Wafer Lot
YY, Y = Year
WW, W = Work Week

*This marking diagram also applies to NCV494.

ORDERING INFORMATION

Device	Package	Shipping
TL494BD	SO-16	48 Units/Rail
TL494BDR2	SO-16	2500 Tape & Reel
TL494CD	SO-16	48 Units/Rail
TL494CDR2	SO-16	2500 Tape & Reel
TL494CN	PDIP-16	25 Units/Rail
TL494IN	PDIP-16	25 Units/Rail
NCV494BDR2*	SO-16	2500 Tape & Reel

*NCV494: $T_{low} = -40^\circ\text{C}$, $T_{high} = +125^\circ\text{C}$.
Guaranteed by design. NCV prefix is for automotive and other applications requiring site and change control.

TL494, NCV494

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

Characteristics	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Power Supply Voltage	V_{CC}	7.0	15	40	V
Collector Output Voltage	V_{C1}, V_{C2}	–	30	40	V
Collector Output Current (Each transistor)	I_{C1}, I_{C2}	–	–	200	mA
Amplified Input Voltage	V_{in}	–0.3	–	$V_{CC} - 2.0$	V
Current Into Feedback Terminal	I_{fb}	–	–	0.3	mA
Reference Output Current	I_{ref}	–	–	10	mA
Timing Resistor	R_T	1.8	30	500	k Ω
Timing Capacitor	C_T	0.0047	0.001	10	μ F
Oscillator Frequency	f_{osc}	1.0	40	200	kHz

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{CC} = 15$ V, $C_T = 0.01$ μ F, $R_T = 12$ k Ω , unless otherwise noted.)

For typical values $T_A = 25^\circ\text{C}$, for min/max values T_A is the operating ambient temperature range that applies, unless otherwise noted.

Characteristics	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
-----------------	--------	-----	-----	-----	------

REFERENCE SECTION

Reference Voltage ($I_O = 1.0$ mA)	V_{ref}	4.75	5.0	5.25	V
Line Regulation ($V_{CC} = 7.0$ V to 40 V)	Reg_{line}	–	2.0	25	mV
Load Regulation ($I_O = 1.0$ mA to 10 mA)	Reg_{load}	–	3.0	15	mV
Short Circuit Output Current ($V_{ref} = 0$ V)	I_{SC}	15	35	75	mA

OUTPUT SECTION

Collector Off-State Current ($V_{CC} = 40$ V, $V_{CE} = 40$ V)	$I_{C(off)}$	–	2.0	100	μ A
Emitter Off-State Current ($V_{CC} = 40$ V, $V_C = 40$ V, $V_E = 0$ V)	$I_{E(off)}$	–	–	–100	μ A
Collector–Emitter Saturation Voltage (Note 2) Common–Emitter ($V_E = 0$ V, $I_C = 200$ mA) Emitter–Follower ($V_C = 15$ V, $I_E = -200$ mA)	$V_{sat(C)}$ $V_{sat(E)}$	– –	1.1 1.5	1.3 2.5	V
Output Control Pin Current Low State ($V_{OC} \leq 0.4$ V) High State ($V_{OC} = V_{ref}$)	I_{OCL} I_{OCH}	– –	10 0.2	– 3.5	μ A mA
Output Voltage Rise Time Common–Emitter (See Figure 12) Emitter–Follower (See Figure 13)	t_r	– –	100 100	200 200	ns
Output Voltage Fall Time Common–Emitter (See Figure 12) Emitter–Follower (See Figure 13)	t_f	– –	25 40	100 100	ns

2. Low duty cycle pulse techniques are used during test to maintain junction temperature as close to ambient temperature as possible.

TL494, NCV494

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{CC} = 15\text{ V}$, $C_T = 0.01\ \mu\text{F}$, $R_T = 12\ \text{k}\Omega$, unless otherwise noted.)

For typical values $T_A = 25^\circ\text{C}$, for min/max values T_A is the operating ambient temperature range that applies, unless otherwise noted.

Characteristics	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
-----------------	--------	-----	-----	-----	------

ERROR AMPLIFIER SECTION

Input Offset Voltage (V_O ($P_{in\ 3}$) = 2.5 V)	V_{IO}	–	2.0	10	mV
Input Offset Current (V_O ($P_{in\ 3}$) = 2.5 V)	I_{IO}	–	5.0	250	nA
Input Bias Current (V_O ($P_{in\ 3}$) = 2.5 V)	I_{IB}	–	–0.1	–1.0	μA
Input Common Mode Voltage Range ($V_{CC} = 40\ \text{V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$)	V_{ICR}	–0.3 to $V_{CC}-2.0$			V
Open Loop Voltage Gain ($\Delta V_O = 3.0\ \text{V}$, $V_O = 0.5\ \text{V}$ to $3.5\ \text{V}$, $R_L = 2.0\ \text{k}\Omega$)	A_{VOL}	70	95	–	dB
Unity-Gain Crossover Frequency ($V_O = 0.5\ \text{V}$ to $3.5\ \text{V}$, $R_L = 2.0\ \text{k}\Omega$)	f_{c-}	–	350	–	kHz
Phase Margin at Unity-Gain ($V_O = 0.5\ \text{V}$ to $3.5\ \text{V}$, $R_L = 2.0\ \text{k}\Omega$)	ϕ_m	–	65	–	deg.
Common Mode Rejection Ratio ($V_{CC} = 40\ \text{V}$)	CMRR	65	90	–	dB
Power Supply Rejection Ratio ($\Delta V_{CC} = 33\ \text{V}$, $V_O = 2.5\ \text{V}$, $R_L = 2.0\ \text{k}\Omega$)	PSRR	–	100	–	dB
Output Sink Current (V_O ($P_{in\ 3}$) = 0.7 V)	I_{O-}	0.3	0.7	–	mA
Output Source Current (V_O ($P_{in\ 3}$) = 3.5 V)	I_{O+}	2.0	–4.0	–	mA

PWM COMPARATOR SECTION (Test Circuit Figure 11)

Input Threshold Voltage (Zero Duty Cycle)	V_{TH}	–	2.5	4.5	V
Input Sink Current ($V_{(P_{in\ 3})} = 0.7\ \text{V}$)	I_{L-}	0.3	0.7	–	mA

DEADTIME CONTROL SECTION (Test Circuit Figure 11)

Input Bias Current (Pin 4) ($V_{P_{in\ 4}} = 0\ \text{V}$ to $5.25\ \text{V}$)	$I_{IB(DT)}$	–	–2.0	–10	μA
Maximum Duty Cycle, Each Output, Push-Pull Mode ($V_{P_{in\ 4}} = 0\ \text{V}$, $C_T = 0.01\ \mu\text{F}$, $R_T = 12\ \text{k}\Omega$) ($V_{P_{in\ 4}} = 0\ \text{V}$, $C_T = 0.001\ \mu\text{F}$, $R_T = 30\ \text{k}\Omega$)	DC_{max}	45	48	50	%
Input Threshold Voltage (Pin 4) (Zero Duty Cycle) (Maximum Duty Cycle)	V_{th}	– 0	2.8 –	3.3 –	V

OSCILLATOR SECTION

Frequency ($C_T = 0.001\ \mu\text{F}$, $R_T = 30\ \text{k}\Omega$)	f_{osc}	–	40	–	kHz
Standard Deviation of Frequency* ($C_T = 0.001\ \mu\text{F}$, $R_T = 30\ \text{k}\Omega$)	$\sigma_{f_{osc}}$	–	3.0	–	%
Frequency Change with Voltage ($V_{CC} = 7.0\ \text{V}$ to $40\ \text{V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$)	$\Delta f_{osc}(\Delta V)$	–	0.1	–	%
Frequency Change with Temperature ($\Delta T_A = T_{low}$ to T_{high}) ($C_T = 0.01\ \mu\text{F}$, $R_T = 12\ \text{k}\Omega$)	$\Delta f_{osc}(\Delta T)$	–	–	12	%

UNDERVOLTAGE LOCKOUT SECTION

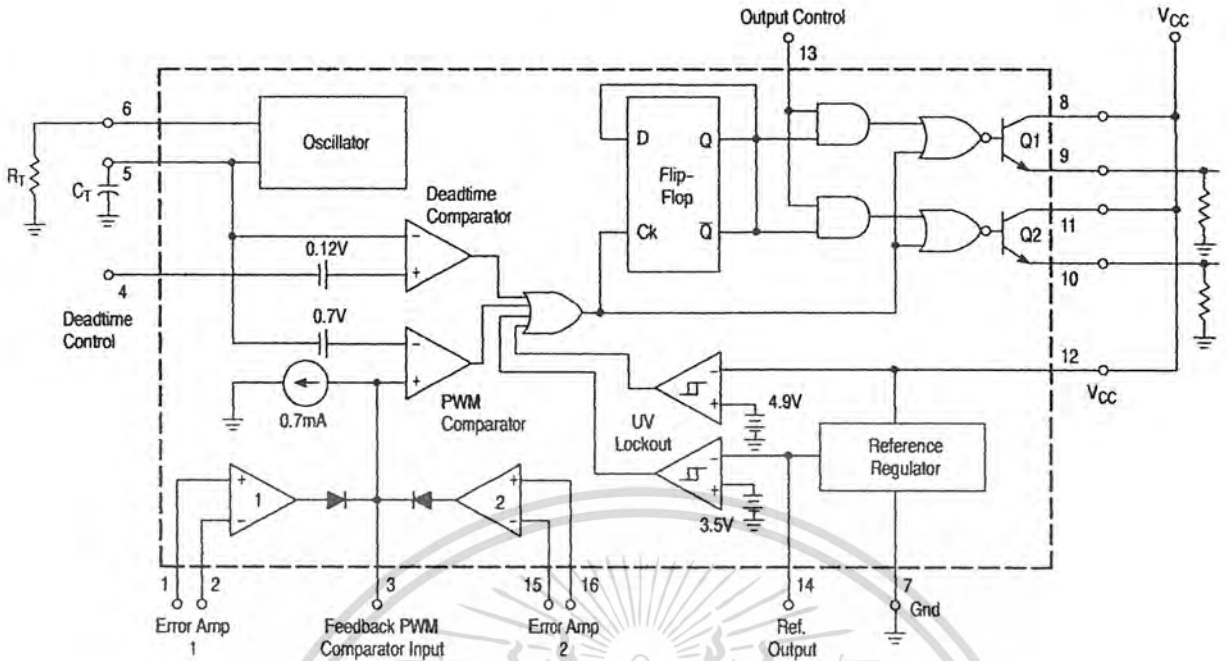
Turn-On Threshold (V_{CC} increasing, $I_{ref} = 1.0\ \text{mA}$)	V_{th}	5.5	6.43	7.0	V
---	----------	-----	------	-----	---

TOTAL DEVICE

Standby Supply Current (Pin 6 at V_{ref} , All other inputs and outputs open) ($V_{CC} = 15\ \text{V}$) ($V_{CC} = 40\ \text{V}$)	I_{CC}	– –	5.5 7.0	10 15	mA
Average Supply Current ($C_T = 0.01\ \mu\text{F}$, $R_T = 12\ \text{k}\Omega$, $V_{(P_{in\ 4})} = 2.0\ \text{V}$) ($V_{CC} = 15\ \text{V}$) (See Figure 12)		–	7.0	–	mA

* Standard deviation is a measure of the statistical distribution about the mean as derived from the formula, $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^N (X_n - \bar{X})^2}{N-1}}$

TL494, NCV494



This device contains 46 active transistors.

Figure 1. Representative Block Diagram

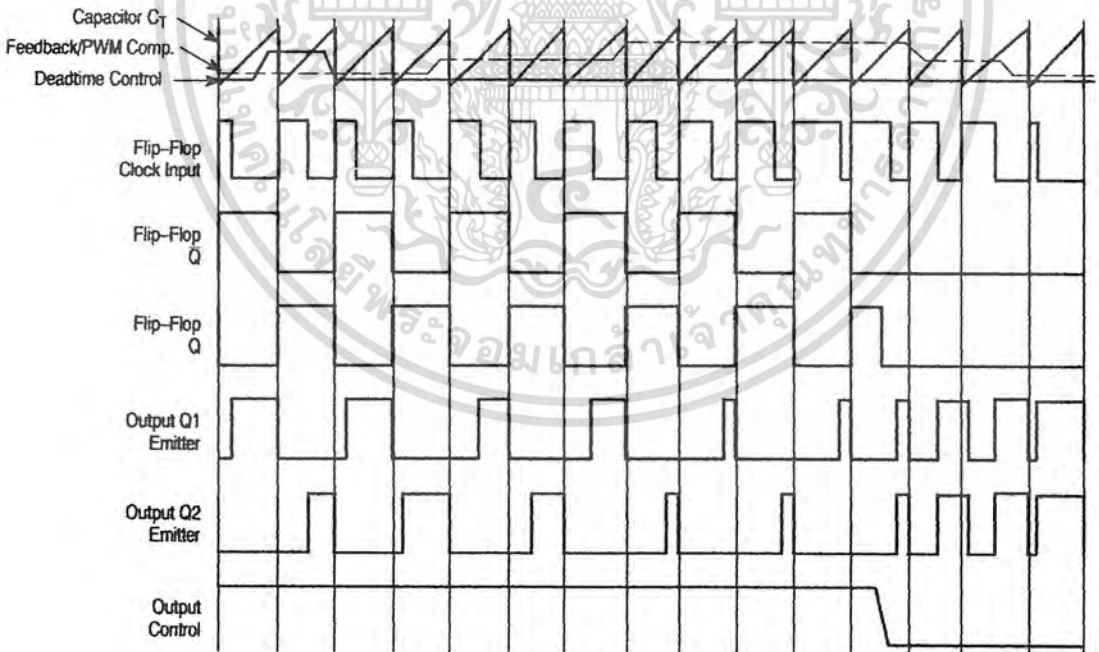


Figure 2. Timing Diagram

APPLICATIONS INFORMATION

Description

The TL494 is a fixed-frequency pulse width modulation control circuit, incorporating the primary building blocks required for the control of a switching power supply. (See Figure 1.) An internal-linear sawtooth oscillator is frequency-programmable by two external components, R_T and C_T . The approximate oscillator frequency is determined by:

$$f_{osc} \approx \frac{1.1}{R_T \cdot C_T}$$

For more information refer to Figure 3.

Output pulse width modulation is accomplished by comparison of the positive sawtooth waveform across capacitor C_T to either of two control signals. The NOR gates, which drive output transistors Q1 and Q2, are enabled only when the flip-flop clock-input line is in its low state. This happens only during that portion of time when the sawtooth voltage is greater than the control signals. Therefore, an increase in control-signal amplitude causes a corresponding linear decrease of output pulse width. (Refer to the Timing Diagram shown in Figure 2.)

The control signals are external inputs that can be fed into the deadtime control, the error amplifier inputs, or the feedback input. The deadtime control comparator has an effective 120 mV input offset which limits the minimum output deadtime to approximately the first 4% of the sawtooth-cycle time. This would result in a maximum duty cycle on a given output of 96% with the output control grounded, and 48% with it connected to the reference line. Additional deadtime may be imposed on the output by setting the deadtime-control input to a fixed voltage, ranging between 0 V to 3.3 V.

Functional Table

Input/Output Controls	Output Function	$\frac{f_{out}}{f_{osc}} =$
Grounded	Single-ended PWM @ Q1 and Q2	1.0
@ V_{ref}	Push-pull Operation	0.5

The pulse width modulator comparator provides a means for the error amplifiers to adjust the output pulse width from the maximum percent on-time, established by the deadtime control input, down to zero, as the voltage at the feedback pin varies from 0.5 V to 3.5 V. Both error amplifiers have a

common mode input range from -0.3 V to ($V_{CC} - 2V$), and may be used to sense power-supply output voltage and current. The error-amplifier outputs are active high and are ORed together at the noninverting input of the pulse-width modulator comparator. With this configuration, the amplifier that demands minimum output on time, dominates control of the loop.

When capacitor C_T is discharged, a positive pulse is generated on the output of the deadtime comparator, which clocks the pulse-steering flip-flop and inhibits the output transistors, Q1 and Q2. With the output-control connected to the reference line, the pulse-steering flip-flop directs the modulated pulses to each of the two output transistors alternately for push-pull operation. The output frequency is equal to half that of the oscillator. Output drive can also be taken from Q1 or Q2, when single-ended operation with a maximum on-time of less than 50% is required. This is desirable when the output transformer has a ringback winding with a catch diode used for snubbing. When higher output-drive currents are required for single-ended operation, Q1 and Q2 may be connected in parallel, and the output-mode pin must be tied to ground to disable the flip-flop. The output frequency will now be equal to that of the oscillator.

The TL494 has an internal 5.0 V reference capable of sourcing up to 10 mA of load current for external bias circuits. The reference has an internal accuracy of $\pm 5.0\%$ with a typical thermal drift of less than 50 mV over an operating temperature range of 0° to 70°C.

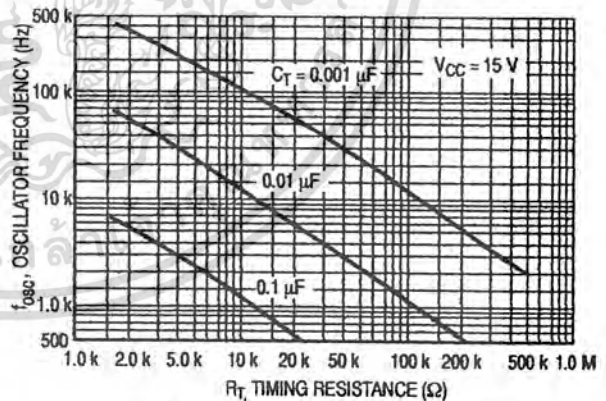


Figure 3. Oscillator Frequency versus Timing Resistance

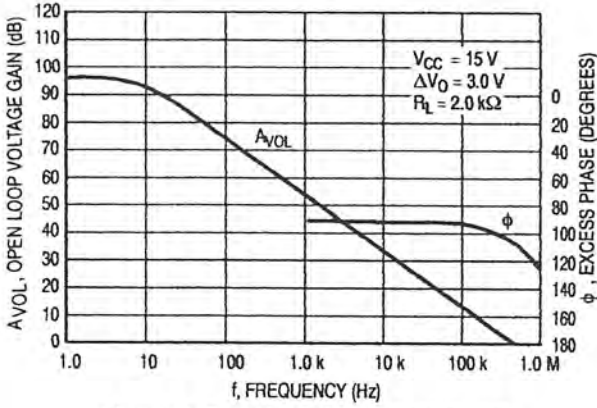


Figure 4. Open Loop Voltage Gain and Phase versus Frequency

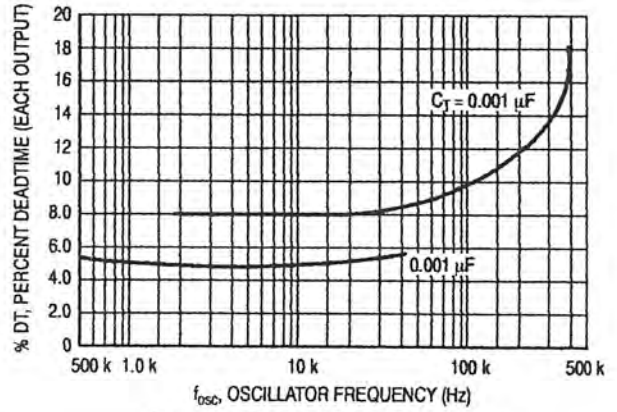


Figure 5. Percent Deadtime versus Oscillator Frequency

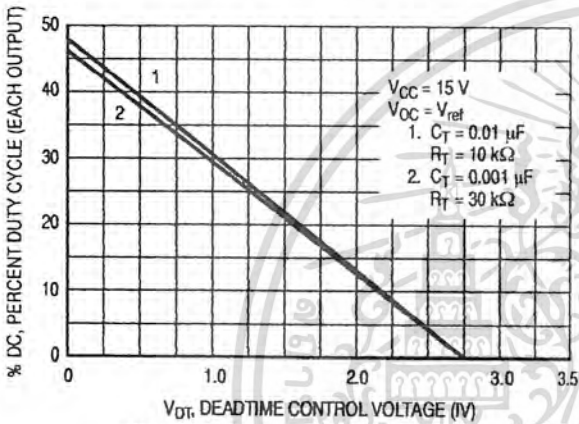


Figure 6. Percent Duty Cycle versus Deadtime Control Voltage

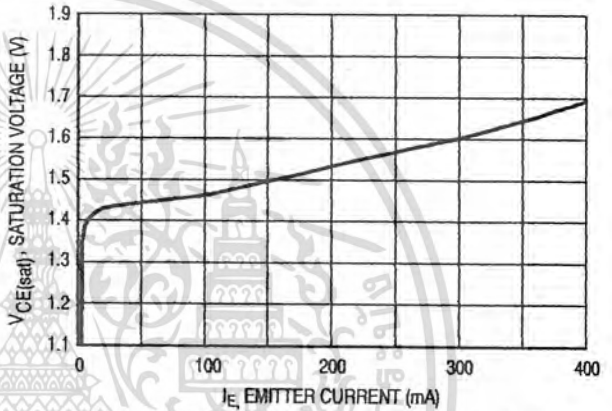


Figure 7. Emitter-Follower Configuration Output Saturation Voltage versus Emitter Current

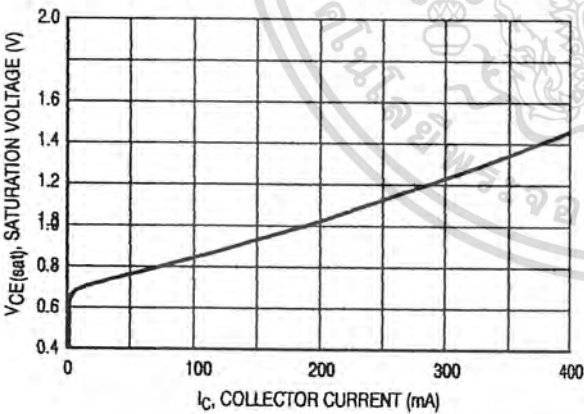


Figure 8. Common-Emitter Configuration Output Saturation Voltage versus Collector Current

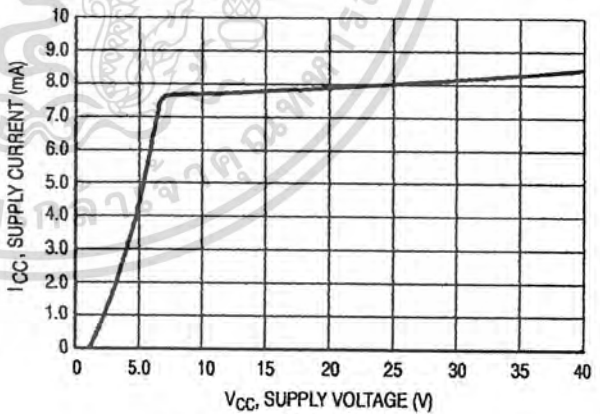


Figure 9. Standby Supply Current versus Supply Voltage

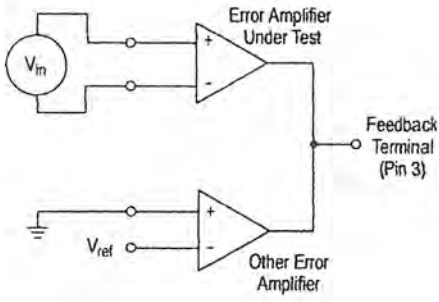


Figure 10. Error-Amplifier Characteristics

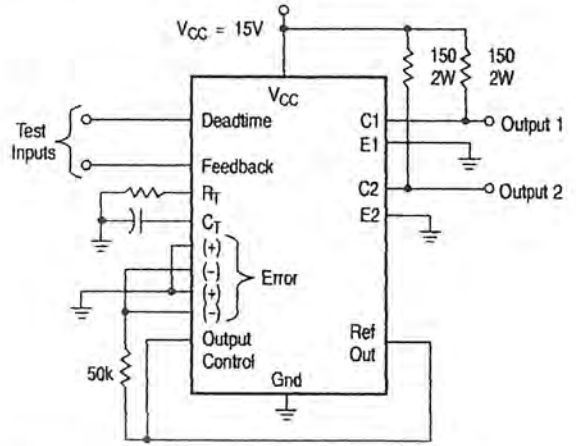


Figure 11. Deadtime and Feedback Control Circuit

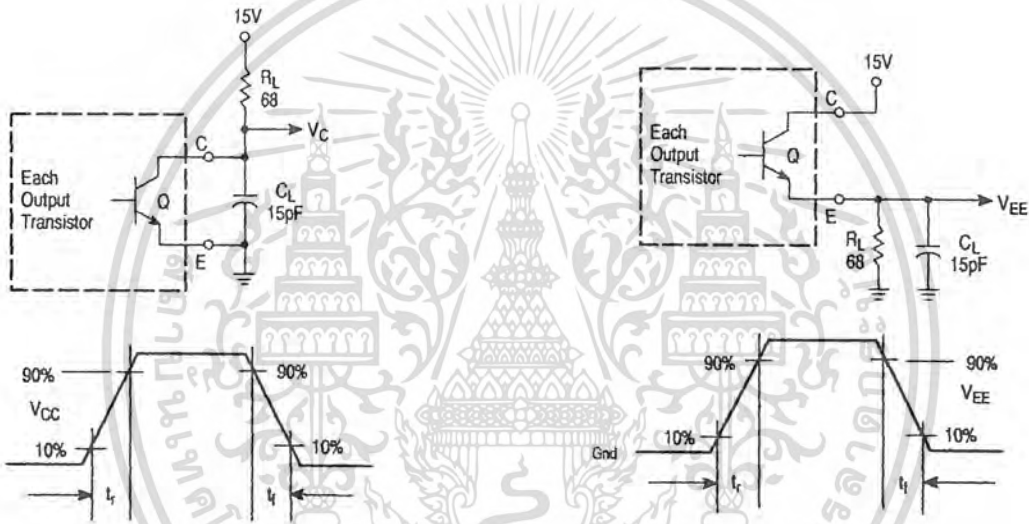


Figure 12. Common-Emitter Configuration Test Circuit and Waveform

Figure 13. Emitter-Follower Configuration Test Circuit and Waveform

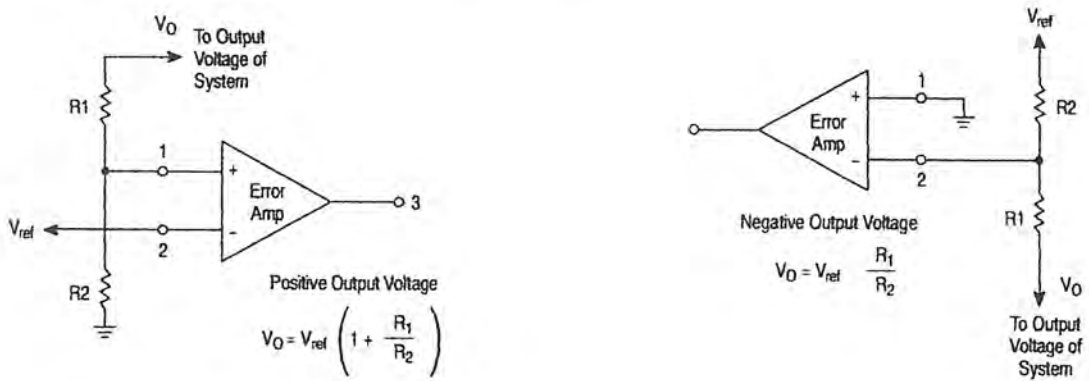


Figure 14. Error-Amplifier Sensing Techniques

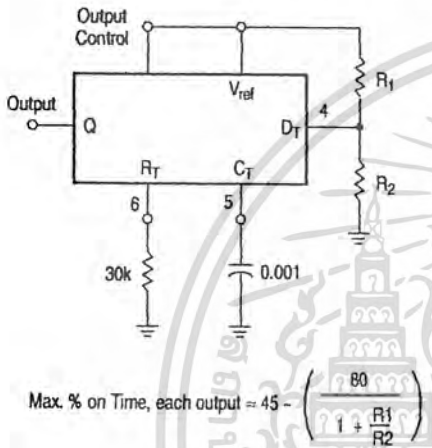


Figure 15. Deadtime Control Circuit

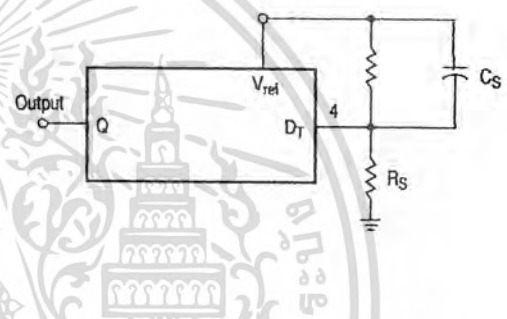


Figure 16. Soft-Start Circuit

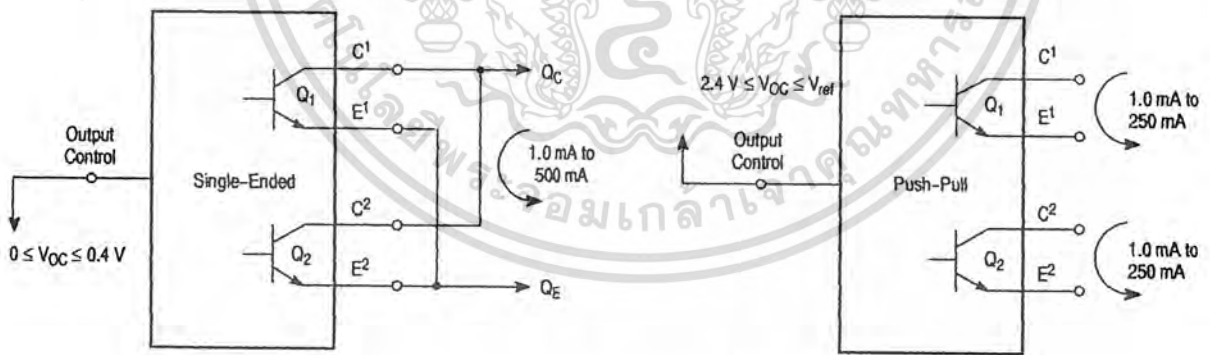


Figure 17. Output Connections for Single-Ended and Push-Pull Configurations

TL494, NCV494

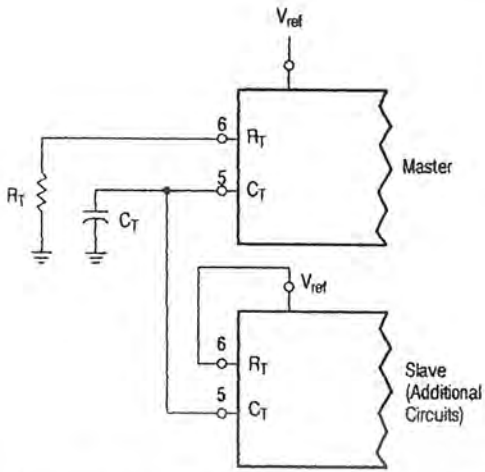


Figure 18. Slaving Two or More Control Circuits

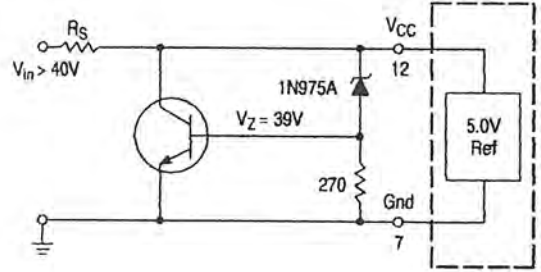


Figure 19. Operation with $V_{in} > 40\text{ V}$ Using External Zener

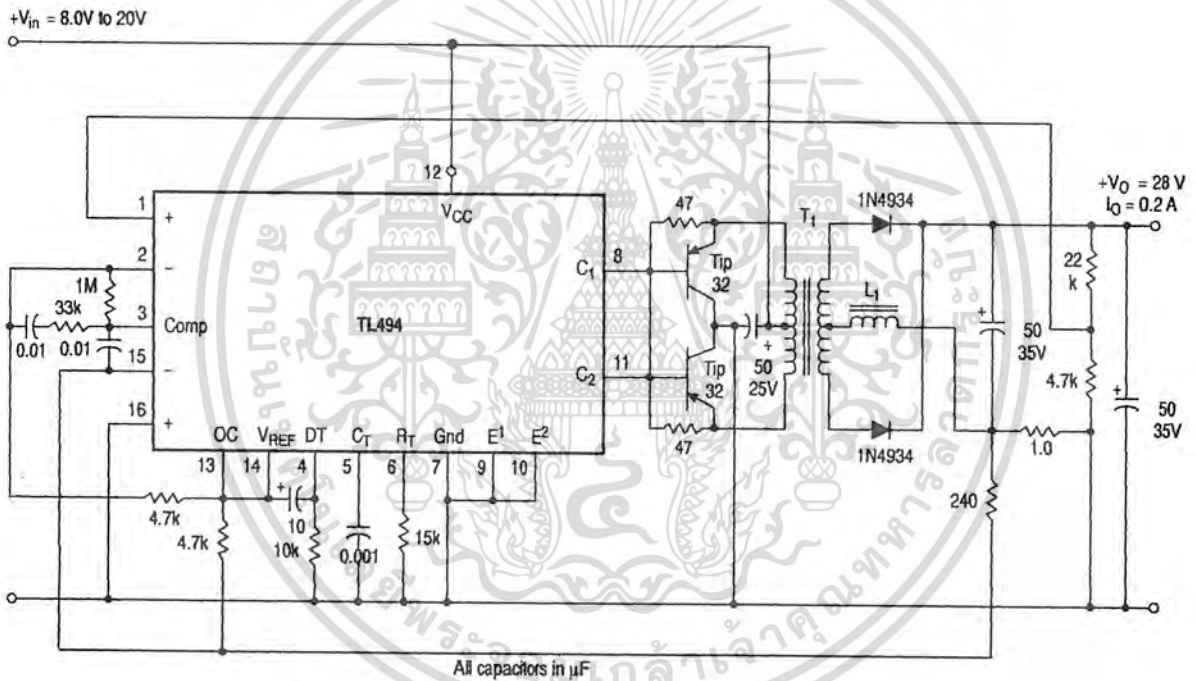


Figure 20. Pulse Width Modulated Push-Pull Converter

Test	Conditions	Results
Line Regulation	$V_{in} = 10\text{ V to }40\text{ V}$	14 mV 0.28%
Load Regulation	$V_{in} = 28\text{ V}, I_O = 1.0\text{ mA to }1.0\text{ A}$	3.0 mV 0.06%
Output Ripple	$V_{in} = 28\text{ V}, I_O = 1.0\text{ A}$	65 mV pp P.A.R.D.
Short Circuit Current	$V_{in} = 28\text{ V}, R_L = 0.1\ \Omega$	1.6 A
Efficiency	$V_{in} = 28\text{ V}, I_O = 1.0\text{ A}$	71%

L1 - 3.5 mH @ 0.3 A
 T1 - Primary: 20T C.T. #28 AWG
 Secondary: 120T C.T. #36 AWG
 Core: Ferroxcube 1408P-L00-3CB

TL494, NCV494

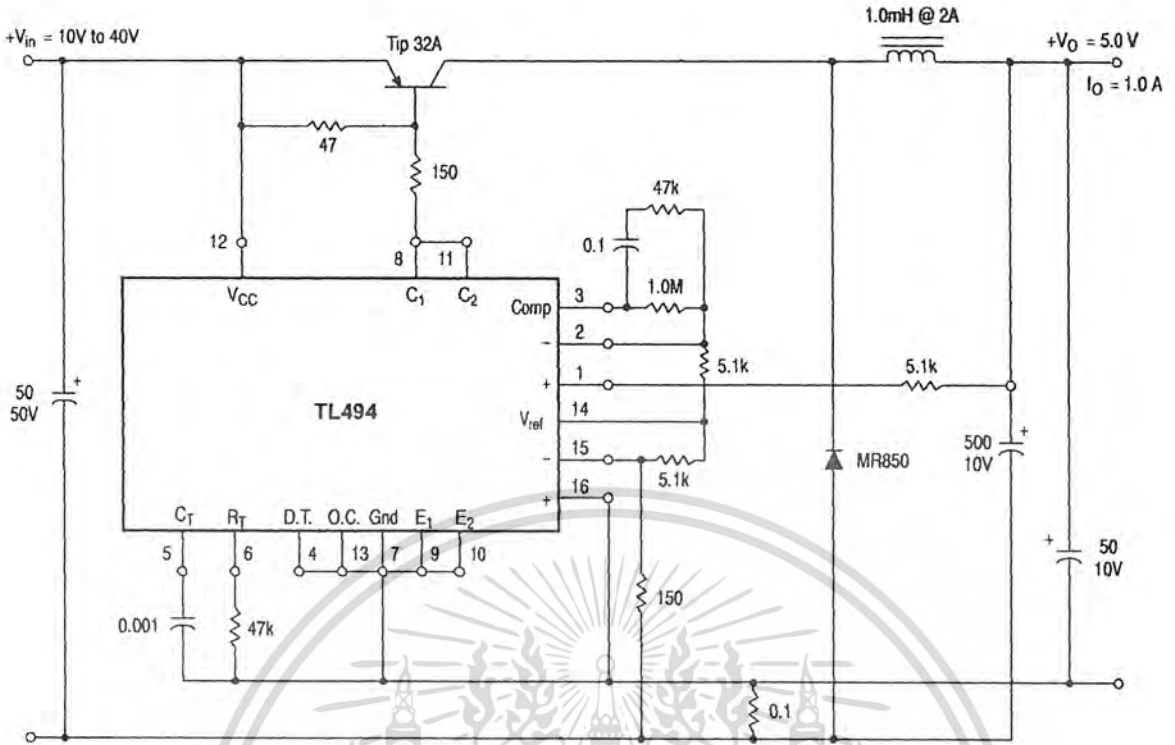


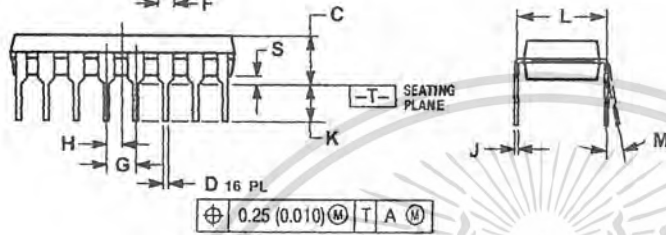
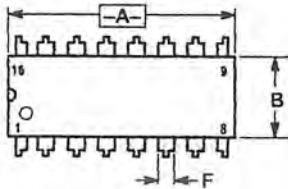
Figure 21. Pulse Width Modulated Step-Down Converter

Test	Conditions	Results
Line Regulation	$V_{in} = 8.0 \text{ V to } 40 \text{ V}$	3.0 mV 0.01%
Load Regulation	$V_{in} = 12.6 \text{ V}, I_O = 0.2 \text{ mA to } 200 \text{ mA}$	5.0 mV 0.02%
Output Ripple	$V_{in} = 12.6 \text{ V}, I_O = 200 \text{ mA}$	40 mV pp P.A.R.D.
Short Circuit Current	$V_{in} = 12.6 \text{ V}, R_L = 0.1 \Omega$	250 mA
Efficiency	$V_{in} = 12.6 \text{ V}, I_O = 200 \text{ mA}$	72%

TL494, NCV494

PACKAGE DIMENSIONS

PDIP-16
N SUFFIX
CASE 648-08
ISSUE R



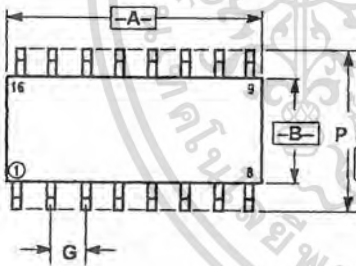
$\oplus 0.25 (0.010) \text{ (M) T A (M)}$

NOTES:

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

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.740	0.770	18.80	19.55
B	0.250	0.270	6.35	6.85
C	0.145	0.175	3.68	4.44
D	0.015	0.021	0.39	0.53
F	0.040	0.70	1.02	1.77
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
H	0.050 BSC		1.27 BSC	
J	0.008	0.015	0.21	0.38
K	0.110	0.130	2.80	3.30
L	0.295	0.305	7.50	7.74
M	0°	10°	0°	10°
S	0.020	0.040	0.51	1.01

SO-16
D SUFFIX
CASE 751B-05
ISSUE J

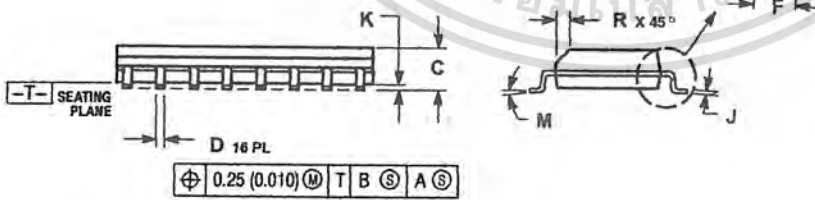


$\oplus 0.25 (0.010) \text{ (M) B (S)}$

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 0.15 (0.006) PER SIDE.
5. DIMENSION D DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.127 (0.005) TOTAL IN EXCESS OF THE D DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.

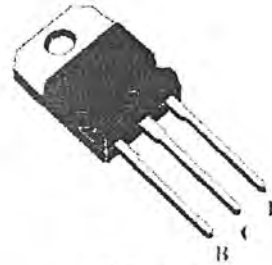
DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	9.80	10.00	0.386	0.390
B	3.80	4.00	0.150	0.157
C	1.35	1.75	0.054	0.068
D	0.35	0.49	0.014	0.019
F	0.40	1.25	0.016	0.049
G	1.27 BSC		0.050 BSC	
J	0.19	0.25	0.008	0.009
K	0.10	0.25	0.004	0.009
M	0°	7°	0°	7°
P	5.80	6.20	0.229	0.244
R	0.25	0.50	0.010	0.019



$\oplus 0.25 (0.010) \text{ (M) T B (S) A (S)}$

NPN SILICON POWER TRANSISTOR TIP35C

- ◆ 125 W at 25°C Case Temperature
- ◆ 25A Continuous Collector Current
- ◆ 40A Peak Collector Current
- ◆ 100V Collector-Emitter Voltage
- ◆ Custom selections available



SOT-93

Note: Collector is connected to the mounting base

Absolute maximum ratings at 25°C case temperature (unless otherwise noted)

RATING	SYMBOL	VALUE	UNIT
Collector-Base Voltage ($I_e=0$)	V_{EBO}	140	V
Collector-Emitter Voltage ($I_b=0$)	V_{CEO}	100	V
Emitter-base voltage (reverse)	V_{EBO}	5	V
Continuous collector current	I_C	25	A
Peak collector current (max 300 μ s, duty cycle 2%)	I_{CM}	40	A
Continuous base current	I_B	5	A
Continuous device dissipation at max 25°C case temperature (see note 1)	P_{tot}	125	W
Continuous device dissipation at max 25°C free air temperature (see note 2)	P_{tot}	3.5	W
Unclamped inductive load energy (see note 3)	$\frac{1}{2}LI_C^2$	90	mJ
Operating junction temperature range	T_j	-65 to +150	°C
Storage temperature range	T_{stg}	-65 to +150	°C
Lead temperature 3.2 mm from case for 10 seconds	T_L	250	°C

NOTES

1. Derate linearly to 150°C case temperature at the rate of 1 W/°C. This rating is not applicable to isolated packages.
2. Derate linearly to 150°C free air temperature at the rate of 24 mW/°C
3. This rating is based on the capability of the transistor to operate safely in a circuit of: L=20 mH, $I_{B(ON)}=40$ mA, $R_{\theta E}=270$ ohm, $V_{BE(ON)}=0$, $R_S=0.1$ ohm, $I_{CC}=2.5$ A., duty max 1%.

DRIX SEMICONDUCTOR DATASHEET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NPN SILICON POWER TRANSISTOR TIP35C

Electrical characteristics at 25°C case temperature

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
$V_{(BR)CEO}$ Collector-emitter breakdown voltage	$I_C = 30 \text{ mA}$ $I_B = 0$ (see note 4)	100	120		V
I_{CES} Collector-emitter cut-off current	$V_{CE} = 140\text{V}$ $V_{BE} = 0$		0.06	700	μA
I_{CEO} Collector cut-off current	$V_{CE} = 100\text{V}$ $I_B = 0$		0.06	1000	μA
I_{EBO} Emitter cut-off current	$V_{EB} = 5\text{V}$ $I_C = 0$			1	mA
h_{FE} Forward current transfer ratio	$V_{CE} = 4\text{V}$ $I_C = 1.5\text{A}$ $V_{CE} = 4\text{V}$ $I_C = 15\text{A}$ (see notes 4 and 5) $V_{CE} = 4\text{V}$ $I_C = 25\text{A}$ (see notes 4 and 5)	25 10 5	100 30 10		
$V_{CE(sat)}$ Collector-emitter saturation voltage	$I_B = 1.5\text{A}$ $I_C = 15\text{A}$ (see notes 4 and 5) $I_B = 5.0\text{A}$ $I_C = 25\text{A}$ (see notes 4 and 5)			1.8 4	V
V_{be} Base-emitter voltage	$V_{CE} = 4\text{V}$ $I_C = 15\text{A}$ (see notes 4 and 5) $V_{CE} = 4\text{V}$ $I_C = 25\text{A}$ (see notes 4 and 5)			2 4	V
h_{fe} Small signal forward current transfer ratio	$V_{CE} = 10\text{V}$ $I_C = 1\text{A}$ $f = 1 \text{ kHz}$	25			

NOTES

- Measured in pulse mode $t_p = 300\mu\text{s}$, duty cycle $< 2\%$
- To be measured using sense contacts for base and emitter.

Thermal characteristics

PARAMETER	MIN	TYP	MAX	UNIT
$R_{\theta JC}$ Junction to case thermal resistance			1.00	$^{\circ}\text{C/W}$
$R_{\theta JA}$ Junction to free air thermal resistance			35.7	$^{\circ}\text{C/W}$

Resistive-load-switching characteristics at 25°C case temperature

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
t_{on} Turn-on time	$I_C = 5\text{A}$ $I_{B(on)} = 500\text{mA}$ $I_{B(off)} = -500\text{mA}$		0.3		μs
t_{off} Turn-off time	$V_{BE(off)} = -5\text{V}$ $R_L = 5 \text{ ohm}$ $t_p = 20 \mu\text{s}$		1		μs

DRIX SEMICONDUCTOR DATASHEET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CD4071BC • CD4081BC

Quad 2-Input OR Buffered B Series Gate • Quad 2-Input AND Buffered B Series Gate

General Description

The CD4071BC and CD4081BC quad gates are monolithic complementary MOS (CMOS) integrated circuits constructed with N- and P-channel enhancement mode transistors. They have equal source and sink current capabilities and conform to standard B series output drive. The devices also have buffered outputs which improve transfer characteristics by providing very high gain.

All inputs protected against static discharge with diodes to V_{DD} and V_{SS} .

Features

- Low power TTL compatibility:
Fan out of 2 driving 74L or 1 driving 74LS
- 5V–10V–15V parametric ratings
- Symmetrical output characteristics
- Maximum input leakage 1 μ A at 15V over full temperature range

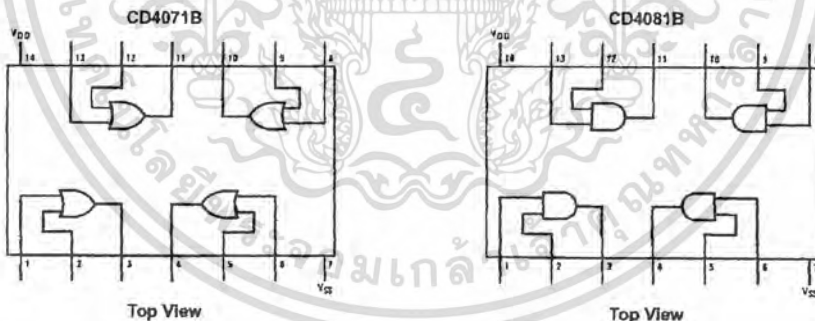
Ordering Code:

Order Number	Package Number	Package Description
CD4071BCM	M14A	14-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-120, 0.150" Narrow
CD4071BCN	N14A	14-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide
CD4081BCM	M14A	14-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-120, 0.150" Narrow
CD4081BCN	N14A	14-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide

Devices are also available in Tape and Reel. Specify by appending the suffix letter "X" to the ordering code.

Connection Diagrams

Pin Assignments for DIP and SOIC



Absolute Maximum Ratings (Note 1)

(Note 2)

Voltage at Any Pin	-0.5V to $V_{DD} + 0.5V$
Power Dissipation (P_D)	
Dual-In-Line	700 mW
Small Outline	500 mW
V_{DD} Range	-0.5 V_{DC} to +18 V_{DC}
Storage Temperature (T_S)	-65°C to +150°C
Lead Temperature (T_L)	
(Soldering, 10 seconds)	260°C

Recommended Operating Conditions

Operating Range (V_{DD})	3 V_{DC} to 15 V_{DC}
Operating Temperature Range (T_A)	
CD4071BC, CD4081BC	-40°C to +85°C

Note 1: "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. Except for "Operating Temperature Range" they are not meant to imply that the devices should be operated at these limits. The table of "Electrical Characteristics" provides conditions for actual device operation.

Note 2: All voltages measured with respect to V_{SS} unless otherwise specified.

DC Electrical Characteristics (Note 2)

CD4071BC/CD4081BC

Symbol	Parameter	Conditions	-40°C		+25°C			+85°C		Units
			Min	Max	Min	Typ	Max	Min	Max	
I_{DD}	Quiescent Device Current	$V_{DD} = 5V$		1	0.004	1		7.5	μA	
		$V_{DD} = 10V$		2	0.005	2		15	μA	
		$V_{DD} = 15V$		4	0.006	4		30	μA	
V_{OL}	LOW Level Output Voltage	$V_{DD} = 5V$		0.05	0	0.05		0.05	V	
		$V_{DD} = 10V$	$ I_{OL} < 1 \mu A$	0.05	0	0.05		0.05	V	
		$V_{DD} = 15V$		0.05	0	0.05		0.05	V	
V_{OH}	HIGH Level Output Voltage	$V_{DD} = 5V$	4.95	4.95	5		4.95		V	
		$V_{DD} = 10V$	9.95	9.95	10		9.95		V	
		$V_{DD} = 15V$	14.95	14.95	15		14.95		V	
V_{IL}	LOW Level Input Voltage	$V_{DD} = 5V, V_O = 0.5V$		1.5	2	1.5		1.5	V	
		$V_{DD} = 10V, V_O = 1.0V$		3.0	4	3.0		3.0	V	
		$V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V$		4.0	6	4.0		4.0	V	
V_{IH}	HIGH Level Input Voltage	$V_{DD} = 5V, V_O = 4.5V$	3.5	3.5	3		3.5		V	
		$V_{DD} = 10V, V_O = 9.0V$	7.0	7.0	6		7.0		V	
		$V_{DD} = 15V, V_O = 13.5V$	11.0	11.0	9		11.0		V	
I_{OL}	LOW Level Output Current (Note 3)	$V_{DD} = 5V, V_O = 0.4V$	0.52	0.44	0.88		0.36		mA	
		$V_{DD} = 10V, V_O = 0.5V$	1.3	1.1	2.25		0.9		mA	
		$V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V$	3.6	3.0	8.8		2.4		mA	
I_{OH}	HIGH Level Output Current (Note 3)	$V_{DD} = 5V, V_O = 4.6V$	-0.52	-0.44	-0.88		-0.36		mA	
		$V_{DD} = 10V, V_O = 9.5V$	-1.3	-1.1	-2.25		-0.9		mA	
		$V_{DD} = 15V, V_O = 13.5V$	-3.8	-3.0	-8.8		-2.4		mA	
I_{IN}	Input Current	$V_{DD} = 15V, V_{IN} = 0V$	-0.30		10^{-5}	-0.30		-1.0	μA	
		$V_{DD} = 15V, V_{IN} = 15V$	0.30		10^{-5}	0.30		1.0	μA	

Note 3: I_{OH} and I_{OL} are tested one output at a time.

AC Electrical Characteristics (Note 4)

CD4071BC $T_A = 25^\circ C$, Input $t_r = 20$ ns, $C_L = 50$ pF, $R_L = 200$ k Ω , Typical temperature coefficient is 0.3%/°C

Symbol	Parameter	Conditions	Typ	Max	Units
t_{PHL}	Propagation Delay Time, HIGH-to-LOW Level	$V_{DD} = 5V$	100	250	ns
		$V_{DD} = 10V$	40	100	ns
		$V_{DD} = 15V$	30	70	ns
t_{PLH}	Propagation Delay Time, LOW-to-HIGH Level	$V_{DD} = 5V$	90	250	ns
		$V_{DD} = 10V$	40	100	ns
		$V_{DD} = 15V$	30	70	ns
t_{PHL}, t_{PLH}	Transition Time	$V_{DD} = 5V$	90	200	ns
		$V_{DD} = 10V$	50	100	ns
		$V_{DD} = 15V$	40	80	ns
C_{IN}	Average Input Capacitance	Any Input	5	7.5	pF
C_{PD}	Power Dissipation Capacity	Any Gate	18		pF

Note 4: AC Parameters are guaranteed by DC correlated testing.

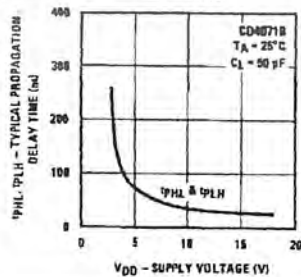
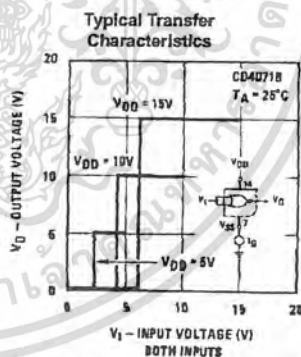
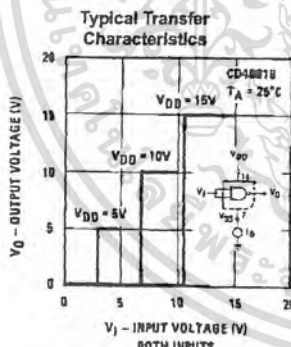
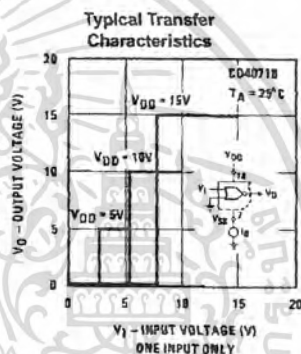
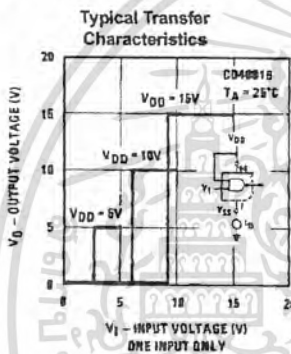
AC Electrical Characteristics (Note 5)

CD4081BC $T_A = 25^\circ\text{C}$, Input $t_f = 20\text{ ns}$, $C_L = 50\text{ pF}$, $R_L = 200\text{ k}\Omega$, Typical temperature coefficient is $0.3\%/^\circ\text{C}$

Symbol	Parameter	Conditions	Typ	Max	Units
t_{PHL}	Propagation Delay Time, HIGH-to-LOW Level	$V_{DD} = 5\text{V}$	100	250	ns
		$V_{DD} = 10\text{V}$	40	100	ns
		$V_{DD} = 15\text{V}$	30	70	ns
t_{PLH}	Propagation Delay Time, LOW-to-HIGH Level	$V_{DD} = 5\text{V}$	120	250	ns
		$V_{DD} = 10\text{V}$	50	100	ns
		$V_{DD} = 15\text{V}$	35	70	ns
t_{THL}, t_{TLH}	Transition Time	$V_{DD} = 5\text{V}$	90	200	ns
		$V_{DD} = 10\text{V}$	50	100	ns
		$V_{DD} = 15\text{V}$	40	80	ns
C_{IN}	Average Input Capacitance	Any Input	5	7.5	pF
C_{PD}	Power Dissipation Capacity	Any Gate	18		pF

Note 5: AC Parameters are guaranteed by DC correlated testing.

Typical Performance Characteristics



CMOS Hex Buffer/Converters

The CD4049UB and CD4050B devices are inverting and non-inverting hex buffers, respectively, and feature logic-level conversion using only one supply voltage (V_{CC}). The input-signal high level (V_{IH}) can exceed the V_{CC} supply voltage when these devices are used for logic-level conversions. These devices are intended for use as CMOS to DTL/TTL converters and can drive directly two DTL/TTL loads. ($V_{CC} = 5V$, $V_{OL} \leq 0.4V$, and $I_{OL} \geq 3.3mA$.)

The CD4049UB and CD4050B are designated as replacements for CD4009UB and CD4010B, respectively. Because the CD4049UB and CD4050B require only one power supply, they are preferred over the CD4009UB and CD4010B and should be used in place of the CD4009UB and CD4010B in all inverter, current driver, or logic-level conversion applications. In these applications the CD4049UB and CD4050B are pin compatible with the CD4009UB and CD4010B respectively, and can be substituted for these devices in existing as well as in new designs. Terminal No. 16 is not connected internally on the CD4049UB or CD4050B, therefore, connection to this terminal is of no consequence to circuit operation. For applications not requiring high sink-current or voltage conversion, the CD4069UB Hex Inverter is recommended.

Features

- CD4049UB Inverting
- CD4050B Non-Inverting
- High Sink Current for Driving 2 TTL Loads
- High-To-Low Level Logic Conversion
- 100% Tested for Quiescent Current at 20V
- Maximum Input Current of $1\mu A$ at 18V Over Full Package Temperature Range; $100nA$ at 18V and $25^\circ C$
- 5V, 10V and 15V Parametric Ratings

Applications

- CMOS to DTL/TTL Hex Converter
- CMOS Current "Sink" or "Source" Driver
- CMOS High-To-Low Logic Level Converter

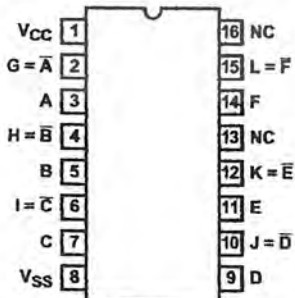
Ordering Information

PART NUMBER	TEMP. RANGE ($^\circ C$)	PACKAGE	PKG. NO.
CD4049UBE	-55 to 125	16 Ld PDIP	E16.3
CD4050BE	-55 to 125	16 Ld PDIP	E16.3
CD4049UBF	-55 to 125	16 Ld Cerdip	F16.3
CD4050BF	-55 to 125	16 Ld Cerdip	F16.3
CD4050BM	-55 to 125	16 Ld SOIC	M16.3

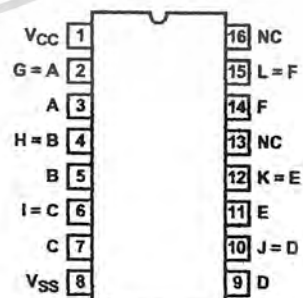
NOTE: Wafer and die for this part number is available which meets all electrical specifications. Please contact your local sales office or customer service for ordering information.

Pinouts

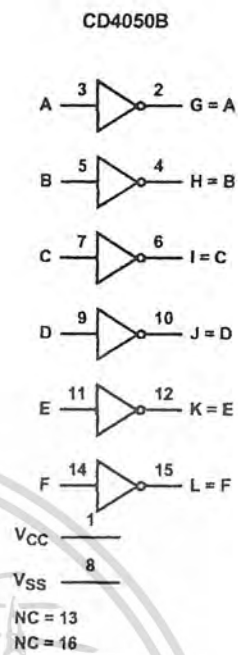
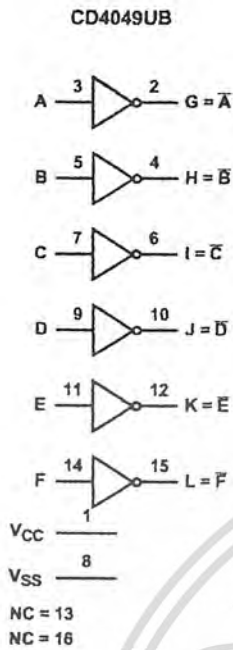
CD4049UB (PDIP, Cerdip)
TOP VIEW



CD4050B (PDIP, Cerdip, SOIC)
TOP VIEW



Functional Block Diagrams



Schematic Diagrams

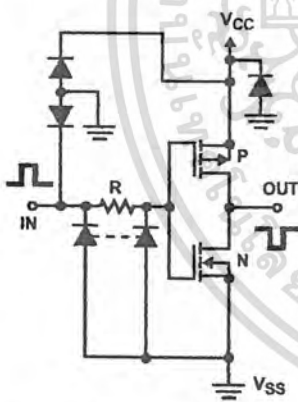


FIGURE 1A. SCHEMATIC DIAGRAM OF CD4049UB, 1 OF 6 IDENTICAL UNITS

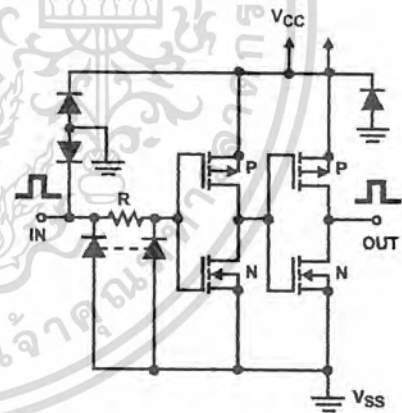


FIGURE 1B. SCHEMATIC DIAGRAM OF CD4050B, 1 OF 6 IDENTICAL UNITS

CD4049UB, CD4050B

Absolute Maximum Ratings

Supply Voltage (V+ to V-)..... -0.5V to 20V
 DC Input Current, Any One Input..... ±10mA

Operating Conditions

Temperature Range..... -55°C to 125°C

Thermal Information

Thermal Resistance (Typical, Note 1)	θ_{JA} (°C/W)	θ_{JC} (°C/W)
PDIP Package	90	N/A
CERDIP Package.....	130	55
SOIC Package	100	N/A
Maximum Junction Temperature (Plastic Package)	150°C	
Maximum Storage Temperature Range.....	-65°C to 150°C	
Maximum Lead Temperature (Soldering 10s).....	265°C (SOIC - Lead Tips Only)	

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:

- θ_{JA} is measured with the component mounted on an evaluation PC board in free air.

DC Electrical Specifications

PARAMETER	TEST CONDITIONS			LIMITS AT INDICATED TEMPERATURE (°C)							UNITS
								25			
	V_O (V)	V_{IN} (V)	V_{CC} (V)	-55	-40	85	125	MIN	TYP	MAX	
Quiescent Device Current I_{DD} (Max)	-	0.5	5	1	1	30	30	-	0.02	1	μ A
	-	0.10	10	2	2	60	60	-	0.02	2	μ A
	-	0.15	15	4	4	120	120	-	0.02	4	μ A
	-	0.20	20	20	20	600	600	-	0.04	20	μ A
Output Low (Sink) Current I_{OL} (Min)	0.4	0.5	4.5	3.3	3.1	2.1	1.8	2.6	5.2	-	mA
	0.4	0.5	5	4	3.8	2.9	2.4	3.2	6.4	-	mA
	0.5	0.10	10	10	9.6	6.6	5.6	8	16	-	mA
	1.5	0.15	15	26	25	20	18	24	48	-	mA
Output High (Source) Current I_{OH} (Min)	4.6	0.5	5	-0.81	-0.73	-0.58	-0.48	-0.65	-1.2	-	mA
	2.5	0.5	5	-2.6	-2.4	-1.9	-1.55	-2.1	-3.9	-	mA
	9.5	0.10	10	-2.0	-1.8	-1.35	-1.18	-1.65	-3.0	-	mA
	13.5	0.15	15	-5.2	-4.8	-3.5	-3.1	-4.3	-8.0	-	mA
Out Voltage Low Level V_{OL} (Max)	-	0.5	5	0.05	0.05	0.05	0.05	-	0	0.05	V
	-	0.10	10	0.05	0.05	0.05	0.05	-	0	0.05	V
	-	0.15	5	0.05	0.05	0.05	0.05	-	0	0.05	V
Output Voltage High Level V_{OH} (Min)	-	0.5	5	4.95	4.95	4.95	4.95	4.95	5	-	V
	-	0.10	10	9.95	9.95	9.95	9.95	9.95	10	-	V
	-	0.15	15	14.95	14.95	14.95	14.95	14.95	15	-	V
Input Low Voltage, V_{IL} (Max) CD4049UB	4.5	-	5	1	1	1	1	-	-	1	V
	9	-	10	2	2	2	2	-	-	2	V
	13.5	-	15	2.5	2.5	2.5	2.5	-	-	2.5	V
Input Low Voltage, V_{IL} (Max) CD4050B	0.5	-	5	1.5	1.5	1.5	1.5	-	-	1.5	V
	1	-	10	3	3	3	3	-	-	3	V
	1.5	-	15	4	4	4	4	-	-	4	V
Input High Voltage, V_{IH} Min CD4049UB	0.5	-	5	4	4	4	4	4	-	-	V
	1	-	10	8	8	8	8	8	-	-	V
	1.5	-	15	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	-	-	V

CD4049UB, CD4050B

DC Electrical Specifications (Continued)

PARAMETER	TEST CONDITIONS			LIMITS AT INDICATED TEMPERATURE (°C)							UNITS
				25							
	V _O (V)	V _{IN} (V)	V _{CC} (V)	-55	-40	85	125	MIN	TYP	MAX	
Input High Voltage, V _{IH} Min CD4050B	4.5	-	5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	-	-	V
	9	-	10	7	7	7	7	7	-	-	V
	13.5	-	15	11	11	11	11	11	-	-	V
Input Current, I _{IN} Max	-	0.18	18	±0.1	±0.1	±1	±1	-	±10 ⁻⁵	±0.1	μA

AC Electrical Specifications T_A = 25°C, Input t_r, t_f = 20ns, C_L = 50pF, R_L = 200kΩ

PARAMETER	TEST CONDITIONS		LIMITS (ALL PACKAGES)		UNITS
	V _{IN}	V _{CC}	TYP	MAX	
Propagation Delay Time Low to High, t _{PLH} CD4049UB	5	5	60	120	ns
	10	10	32	65	ns
	10	5	45	90	ns
	15	15	25	50	ns
	15	5	45	90	ns
Propagation Delay Time Low to High, t _{PLH} CD4050B	5	5	70	140	ns
	10	10	40	80	ns
	10	5	45	90	ns
	15	15	30	60	ns
	15	5	40	80	ns
Propagation Delay Time High to Low, t _{PHL} CD4049UB	5	5	32	65	ns
	10	10	20	40	ns
	10	5	15	30	ns
	15	15	15	30	ns
	15	5	10	20	ns
Propagation Delay Time High to Low, t _{PHL} CD4050B	5	5	55	110	ns
	10	10	22	55	ns
	10	5	50	100	ns
	15	15	15	30	ns
	15	5	50	100	ns
Transition Time, Low to High, t _{TLH}	5	5	80	160	ns
	10	10	40	80	ns
	15	15	30	60	ns
Transition Time, High to Low, t _{THL}	5	5	30	60	ns
	10	10	20	40	ns
	15	15	15	30	ns
Input Capacitance, C _{IN} CD4049UB	-	-	15	22.5	pF
Input Capacitance, C _{IN} CD4050B	-	-	5	7.5	pF

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำโครงการ รดน้ำถอมวังตามวัดอุทัย โนมัตินี จะไม่สำเร็จล่วงได้ ถ้าขาดบุคคลเหล่านี้

อ.พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ อาจารย์ผู้ให้แนวทางและคำปรึกษาในการทำโครงการนี้มาโดยตลอด

ขอกราบขอบพระคุณ พ่อแม่ผู้ให้ทุนสนับสนุน โครงการจนสำเร็จ และเป็นแรงบันดาลใจในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

คุณลุงทรัพย์ ผู้ให้คำแนะนำในการการออกแบบ และทำตัวรอด จนประสบผลสำเร็จเป็นอย่างดี

ขอบคุณเพื่อนๆทุกคน ที่ให้กำลังใจและช่วยเหลือในด้านต่างๆตลอดการทำโครงการนี้ ทางกลุ่มผู้จัดทำ โครงการ ขอกราบขอบคุณ ท่านเหล่านี้ ด้วยความซาบซึ้งและรำลึกถึงพวกท่าน ตลอดไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้