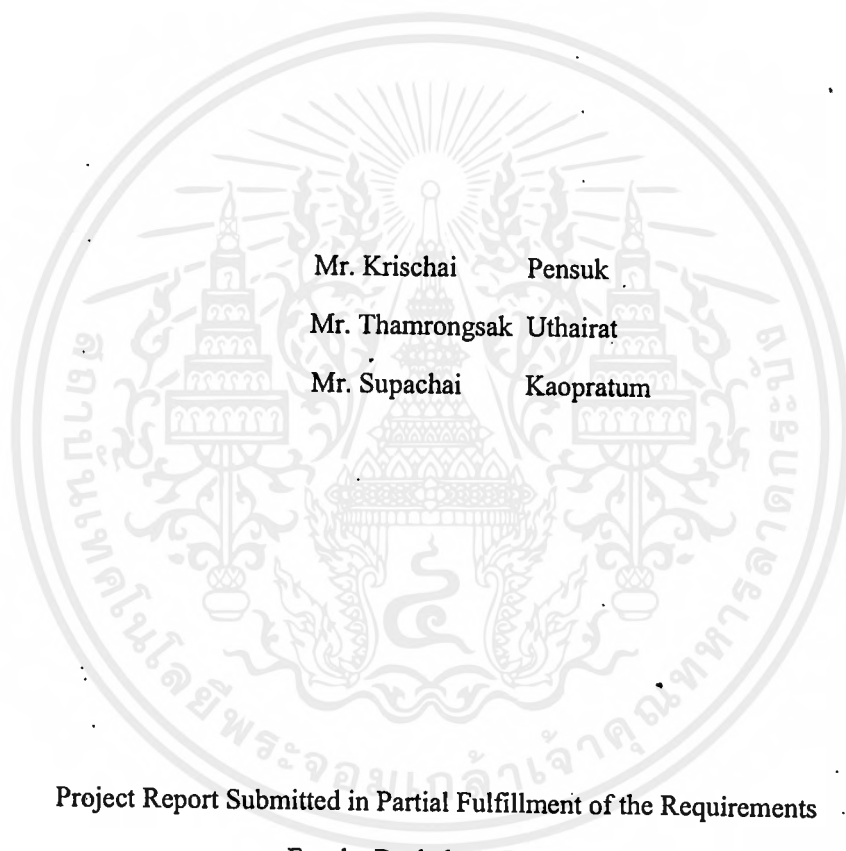




หุ่นยนต์จักรยาน
BICYCLE ROBOT



ปริญญาบัตรนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีโทรคมนาคม ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2541

BICYCLE ROBOT

Mr. Krischai Pensuk

Mr. Thamrongsak Uthairat

Mr. Supachai Kaopratum

Project Report Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

For the Bachelor's Degree

Department of Industrial Technology

Faculty of Engineering

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

1998

หัวข้อปริญญาบัตร

หุ่นยนต์จักรยาน

โดย

นายกฤษชัย เพ็ญสุข

นายธำรงค์ศักดิ์ อุทัยรัตน์

นายสุภชัย ขาวประทุม

ภาควิชา

เทคนิคอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.ปิติเขต สุรักษา

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ดร.วีระพล โมนยะกุล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับ
ปริญญาบัตรฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต



อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร.ปิติเขต สุรักษา)




อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

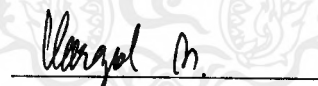
(ดร.วีระพล โมนยะกุล)

Project Report	BICYCLE ROBOT
By	Mr. Krischai Pensuk Mr. Thamrongsak Uthairat Mr. Supachai Kaopratum
Department of	Industrial Technology
Project Adviser	Dr. Pitikhate Sooraksa
Project Co-Adviser	Dr. Veerapol Monayakul

Accepted by Faculty of Engineering , King Mongkut's Institute of Technology
Ladkrabang in partial fulfillment of the requirements for the Bachelor's Degree



Adviser
(Dr. Pitikhate Sooraksa)



Co-Adviser
(Dr. Veerapol Monayakul)

หัวข้อปริญญานิพนธ์

โดย

ภาควิชา

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

หุ่นยนต์จักรยาน

นายกฤษชัย เพ็ญสุข

นายธำรงค์ศักดิ์ อุตย์รัตน์

นายสุกัญชัย ขาวประทุม

เทคนิคอุตสาหกรรม

ดร.ปิติเขต สุรักษา

ดร.วีระพล โมนยะกุล

บทคัดย่อ

โครงการหุ่นยนต์จักรยาน เป็นโครงการที่มีจุดหมายเพื่อศึกษาการสร้างระบบควบคุมการทรงตัวของรถจักรยานซึ่งเคลื่อนที่ไปได้เองโดยไม่มีคนควบคุม ซึ่งระบบควบคุมประกอบไปด้วยอุปกรณ์ตรวจจับระดับความเอียง (tilt sensors) ได้แก่ ไจโรสโคป (gyroscope) และสวิตช์ปรอท (mercury switches) , ชุดควบคุมการเคลื่อน , ชุดขับเคลื่อนของรถจักรยานโดยใช้ดีซีเซอร์โวมอเตอร์ และชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ (microcontroller) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์จักรยาน

ระบบควบคุมจะทำงานโดยการทำงานร่วมกันของอุปกรณ์ทั้งหมด กล่าวคืออุปกรณ์ตรวจจับระดับความเอียงจะส่งสัญญาณเข้ามาเป็นอินพุต (input) ของชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการประเมินผลโดยอาศัยกฎการควบคุม จากนั้นจึงส่งเอาต์พุต (output) ออกไปให้กับชุดควบคุมการเคลื่อน เพื่อที่จะควบคุมการทรงตัวของรถจักรยานให้อยู่ในสภาวะสมดุลจนกระทั่งทำได้

Project Report

BICYCLE ROBOT

By

Mr. Krischai Pensuk

Mr. Thamrongsak Uthairat

Mr. Supachai Kaopratum

Department of

Industrial Technology

Project Adviser

Dr. Pitikhate Sooraksa

Project Co-adviser

Dr. Veerapol Monayakul

Abstract

The objective of BICYCLE ROBOT project is to realize and build an intelligently automatic controller for a bicycle without human operator. The control hardware architecture of the robot consists of tilt sensors (a gyroscope and mercury switches), a turning control unit, a driving unit (a DC. servo motor) and a microcontroller.

The control scheme works as follows. First, the tilt sensors sense the state of the robot's balancing position and then send the signal to the microcontroller for generating a control decision based on the control rules. After the final control decision has been made, the output signal will be sent to the turning control unit in order to make the balancing state for BICYCLE ROBOT.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาบัตรฉบับนี้ เป็นปริญญาบัตรฉบับแรกที่เราได้จัดทำขึ้น ซึ่งได้ใช้เวลาในการค้นคว้ารวบรวมข้อมูล ทำความเข้าใจกับข้อมูลและหลักการต่าง ๆ ตลอดจนจัดหาอุปกรณ์และติดตั้งจนทำให้ปริญญาบัตรฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี ซึ่งก็ได้รับคำแนะนำและความช่วยเหลือต่างๆ จากหลายๆ ท่านจึงขอกล่าวขอบพระคุณมา ณ. ที่นี้ด้วย

ดร.ปิติเขต สุรักษา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ให้คำแนะนำในด้านต่าง ๆ ให้ความรู้เกี่ยวกับระบบการควบคุม และให้ความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง

ดร.วีระพล โมนยะกุล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมที่ให้คำแนะนำในทุก ๆ ด้านและช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในด้านอุปกรณ์อย่างดียิ่ง

ที่ ๆ ทุกท่านจากเนคเทค (NECTEC) ที่ได้ให้คำแนะนำเป็นที่ปรึกษา ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในด้านอุปกรณ์การใช้งาน เช่น อุปกรณ์ประกอบวงจร เครื่องเชื่อม เครื่องตัดเหล็ก เป็นต้น

คณาจารย์ทุกท่านที่ให้การอบรมสั่งสอน แก่พวกเราจนมีความรู้ความสามารถในด้านต่าง ๆ และขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคนที่ให้คำปรึกษา ให้อุปกรณ์ ตลอดจนให้กำลังใจ

และที่ขาดเสียมิได้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่เป็นผู้มีพระคุณยิ่งให้พวกเราได้เรียนจนประสบความสำเร็จ

จึงขอกล่าวขอบพระคุณมาทั้งหมดในที่นี้ด้วย

นาย กฤษชัย เพ็ญสุข

นาย ธำรงค์ศักดิ์ อุทัยรัตน์

นาย สุภชัย ขาวประทุม

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	V
Abstract	VI
กิตติกรรมประกาศ	VII
สารบัญรูป	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 หลักการและเหตุผลของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ส่วนประกอบของโครงการ	2
1.4 ขอบเขตของโครงการ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่ใช้ในโครงการ	4
2.1 ส่วนควบคุม	4
2.1.1 โครงสร้างภายในของ MCS-51	4
2.1.2 การเขียนโปรแกรมช่วงเวลาสำหรับ MCS-51	10
2.2 ระบบเซอร์โว	13
2.2.1 ดีซีเซอร์โวมอเตอร์	13
2.2.2 เซอร์โวแอมพลิไฟเออร์	15
บทที่ 3 โครงสร้างของหุ่นยนต์จักรยาน	17
3.1 โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์	17
3.1.1 ชุดขับเคลื่อนของตัวรถ	17
3.1.2 ชุดควบคุมการเลี้ยว	18
3.1.3 อุปกรณ์ตรวจจับความเอียง	25
3.1.4 สวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลายสำหรับหุ่นยนต์จักรยาน	26
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลองของโครงการ	32
4.1 การทดลองด้านฮาร์ดแวร์	32
4.1.1 การทดลองใจโรสโคป	32
4.1.2 การทดลองเซอร์โวมอเตอร์	34
4.1.3 การทดลองชุดขับเคลื่อนของตัวรถ	36

สารบัญญ(ต่อ)

	หน้า
4.2 การทดลองด้านซอฟต์แวร์	37
4.2.1 การทดลองเขียนโปรแกรมสร้างสัญญาณพัลส์ เพื่อนำไปควบคุมเซอร์โวมอเตอร์	37
4.2.2 การเขียน Rule Base Control เพื่อควบคุมการเลี้ยงตัวของรถ	39
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะในการพัฒนาโครงการ	41
5.1 สรุปผลการทำงานของโครงการ	41
5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นในโครงการ	41
5.2.1 ปัญหาเรื่องความเร็วของมอเตอร์ขับเคลื่อน	41
5.2.2 ปัญหาของชุดควบคุมการเลี้ยง	42
5.2.3 ปัญหาเกี่ยวกับอุปกรณ์เซนเซอร์	42
5.3 ข้อเสนอแนะในการพัฒนา	43
บรรณานุกรม	44
ภาคผนวก	45
- รูปวงจรฮาร์ดแวร์	46
- ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในโครงการ	52
- รูปลายวงจรพิมพ์	64
- Data sheet ไอซีที่สำคัญ	66

สารบัญรูป

	หน้า
รูป 1.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของโครงการ	2
รูป 2.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ MCS-51	5
รูป 2.2 แสดงลักษณะการจัดวางขาของ MCS-51	5
รูป 2.3 แสดงการต่อขารีเซตให้กับ MCS-51	7
รูป 2.4 แสดงการต่อคริสตอลภายนอกให้กับ MCS-51	7
รูป 2.5 แสดงผังหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมของ AT89C52	8
รูป 2.6 แสดงผังหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลของ AT89C52	8
รูป 2.7 แสดงขนาดของแรม i28 ไบต์ที่เข้าถึงข้อมูลแบบทางตรงและทางอ้อม	9
รูป 2.8 แสดงโครงสร้างของคิซีมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร	15
รูป 2.9 แสดงภาคเอาต์พุตแบบ “H” (ใช้เพาเวอร์ซัพพลายตัวเดียว)	16
รูป 3.1 แสดงวงจร programmable voltage regulator	17
รูป 3.2 แสดงวงจรคอนโทรลและวงจรเพาเวอร์ของการควบคุมมอเตอร์ขับเคลื่อน	18
รูป 3.3 แสดงบล็อกไดอะแกรมของอุปกรณ์คอนโทรลตำแหน่งหมุน	19
รูป 3.4 แสดงส่วนประกอบของโปเทนชิโอมิเตอร์	20
รูป 3.5 แสดง wire-wound potentiometer	20
รูป 3.6 แสดงภาพถ่ายการติดตั้งโปเทนชิโอมิเตอร์ที่ทำหน้าที่เป็นตัว feedback ตำแหน่งหมุน	21
รูป 3.7 แสดงวงจรของตัวเออร์เรอร์ชั๊นนำ	22
รูป 3.8 แสดงการติดตั้งเซอร์โวเข้ากับโปเทนชิโอมิเตอร์	23
รูป 3.9 แสดงโครงสร้างและส่วนประกอบของเซอร์โว	24
รูป 3.10 แสดงภาพถ่ายของเซอร์โวมอเตอร์ทั้งสองรุ่น	24
รูป 3.11 แสดงภาพถ่ายของสวิทช์ปรอท	25
รูป 3.12 แสดงบล็อกไดอะแกรมของสวิทช์เพาเวอร์ซัพพลายสำหรับหุ่นยนต์จักรยาน	27
รูป 3.13 แสดงวงจรพื้นฐานของ buck converter	27-28
รูป 3.14 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ buck converter ที่ใช้การควบคุมความกว้างของพัลส์	29
รูป 3.15 แสดงภาพถ่ายส่วนประกอบทั้งหมดของหุ่นยนต์จักรยาน	30-31
รูป 4.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมการต่ออุปกรณ์การทดลองไมโครโศป	32
รูป 4.2 แสดงพัลส์จากการควบคุมด้วยวิทยุบังคับเมื่อวางใจโรตโศปในระนาบศูนย์องศา	33
รูป 4.3 แสดงพัลส์เมื่อปรับวิทยุบังคับให้เซอร์โวมุมไปตำแหน่งต่างๆ	35

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป 4.4 แสดง Flowchart ของ Rule Base Control

หน้า

40



บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันได้มีการนำเอาหุ่นยนต์ (Robot) มาใช้งานแทนมนุษย์ และอำนวยความสะดวกต่างๆอย่างกว้างขวาง หุ่นยนต์เหล่านี้มีอยู่หลายรูปแบบแล้วแต่ลักษณะการใช้งาน เช่น แขนกล จะทำหน้าที่เป็นเสมือนมือของมนุษย์ สามารถหยิบจับ ยกสิ่งของต่างๆได้ , หุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามเส้นทาง สามารถที่จะนำไปประยุกต์เป็นยานพาหนะที่เคลื่อนที่ไปตามเส้นทางที่กำหนดได้ ในโครงงานนี้ได้ศึกษาและออกแบบสร้างหุ่นยนต์จักรยาน ซึ่งนับได้ว่าเป็นหุ่นยนต์อีกรูปแบบหนึ่ง ในหลายๆรูปแบบ

1.1 หลักการและเหตุผลของโครงงาน

หลักการทำงานของหุ่นยนต์จักรยานนั้นใช้หลักการเดียวกันกับ อินเวอร์ทเพนดูลัม (Inverted Pendulum) กล่าวคือในการที่จะทำให้หุ่นยนต์สามารถทรงตัวอยู่ได้นั้นจำเป็นที่จะต้องมีการเลี้ยงตัวโดยอาศัยแรงที่มากระทำจากฐานล่างของตัวหุ่นยนต์เอง เราจึงได้นำแนวคิดนี้มาประยุกต์ใช้ โดยสรุปว่าจะใช้วิธีการบังคับเลี้ยว(โยกแฮนด์)ของล้อหน้ารถ ซึ่งจะสังเกตเห็นได้ว่าเมื่อเราทำการโยกแฮนด์ของรถไปมาจะทำให้มีแรงบิดมากระทำกับตัวรถ ทำให้ตัวรถเอียงไปมาเช่นกัน แต่จะเป็นไปในลักษณะตรงกันข้ามกล่าวคือหากเราโยกแฮนด์ไปทางขวาจะมีแรงกระทำให้รถเอียงไปทางซ้าย เช่นนี้จึงมีความเป็นไปได้ที่จะทำให้รถจักรยานสามารถที่จะทรงตัวอยู่ได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อทำการศึกษาระบบควบคุมที่ใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์จักรยาน ซึ่งรถจักรยานนั้นเป็น Plant ที่มีลักษณะคล้ายกับอินเวอร์ทเพนดูลัมที่มีลักษณะไม่เสถียร หากว่าเราสามารถสร้างระบบควบคุมที่ทำให้สภาพนั้นเสถียรได้ ระบบควบคุมนั้นนับว่าเป็นระบบควบคุมที่มีประสิทธิภาพดี
2. เพื่อนำไปใช้เป็นอุปกรณ์การทดลอง ในการวัดสมรรถภาพของระบบควบคุมต่างๆ
3. เพื่อนำไปสู่การประดิษฐ์อากาศยาน ซึ่งทรงตัวได้ใน 3 แกน ซึ่งเป็นลำดับขั้นในการพัฒนาต่อไป
4. เพื่อทำการศึกษาการเขียนโปรแกรม และเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ทางด้านฮาร์ดแวร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่จะใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์จักรยาน
5. นอกจากนี้ผลพลอยได้ของการสร้างหุ่นยนต์จักรยานนี้ จะทำให้ประหยัดงบประมาณในการจัดซื้อครุภัณฑ์ อินเวอร์ทเพนดูลัม จากต่างประเทศได้อีกด้วย

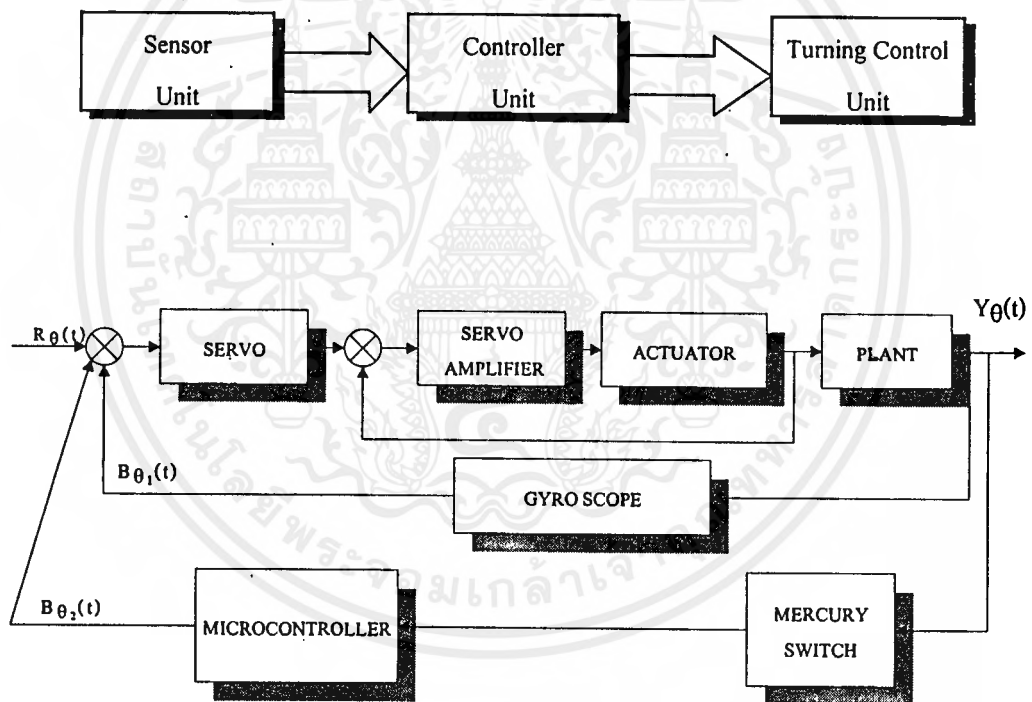
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ส่วนประกอบของโครงการ

หุ่นยนต์จักรยานประกอบด้วยส่วนประกอบ 3 ส่วนใหญ่ๆ ได้แก่

1. ส่วนเซนเซอร์ (sensor unit)
2. ส่วนควบคุม (controller unit)
3. ส่วนควบคุมการเลี้ยว (turning control unit)

ซึ่งทั้ง 3 ส่วนประกอบกันดังบล็อกไดอะแกรม (Block Diagram) รูปที่ 1.1 โดยใช้โปรแกรมภาษาแอสเซมบลี (Assembly) ในการควบคุมการทำงานของระบบทั้งหมด รายละเอียดของแต่ละส่วนพร้อมทั้ง โปรแกรมควบคุมการทำงานจะกล่าวถึงในบทต่อไป



รูปที่ 1.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของโครงการ

1.4 ขอบเขตของโครงการ

ในการทำโครงการหุ่นยนต์จักรยานนี้ ในส่วนของการควบคุมการเคลื่อนที่นั้นเราจะให้รถเคลื่อนที่โดยใช้ความเร็วค่าหนึ่งค่าเดียวเท่านั้น จะไม่มีการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ขับเคลื่อน และจะให้รถเคลื่อนที่ในทิศทางตรงไปข้างหน้าเพียงอย่างเดียว แต่จะเห็นว่าเราจะใช้การบังคับเลี้ยวไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อช่วยการทรงตัวของรถ ซึ่งจะมีผลทำให้รถเคลื่อนที่ไม่ตรงทิศทาง ในส่วนของการควบคุมการขับเคลื่อนของรถนั้น เนื่องจากเวลาที่เรากำลังจะหยุดรถในขณะที่วิ่งอยู่นั้นจะกระทำได้ลำบากมาก ดังนั้นจึงได้นำชุดวิทยุบังคับที่ใช้ในการทดลองในการทำโครงการ 1 นั้นมาควบคุมการกดลิมิตสวิต (limit switch) 2 ตัว (on,off) เพื่อให้รีเลย์ตัดต่อวงจร ทำให้มอเตอร์ขับเคลื่อนทำงานหรือหยุดทำงานได้ตามต้องการ



บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่ใช้ในโรงงาน

ในการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์จักรยานนี้ จำเป็นต้องมีการอ้างอิงถึงทฤษฎีการทำงาน และหลักการขั้นพื้นฐานของอุปกรณ์ และของการควบคุมต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนข้อมูลจำเพาะของอุปกรณ์บางตัวเพื่อที่จะใช้เป็นแนวทางในการทำโรงงาน ซึ่งจะขอกว่าเฉพาะในรายละเอียดของทฤษฎีที่จำเป็นและได้นำมาประยุกต์ใช้ในโรงงานนี้เท่านั้น ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 ส่วนควบคุม

ในการควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์จักรยาน จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยวตระกูล MCS-51 ในที่นี้ใช้เบอร์ AT89C52 ของบริษัท Atmel (รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก) ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมการทำงานในส่วนของการเดิน โดยจะรับอินพุตจากเซนเซอร์ (สวิตปรอท) เข้ามาทางพอร์ท 1 (P1) ของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นจำนวน 4 บิต และต่อจากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะทำงานตามโปรแกรมและจะส่งสัญญาณเอาต์พุตออกมาที่พอร์ท 1 เช่นกัน แต่จะใช้บิตที่เหลืออยู่จำนวน 1 บิตเท่านั้น

ในหัวข้อนี้จะขออธิบายถึงโครงสร้างภายใน และการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์เฉพาะในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการนำมาใช้ในโรงงานนี้เท่านั้น

2.1.1 โครงสร้างภายในของ MCS-51

ลักษณะโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 แสดงเป็นบล็อกไดอะแกรมได้ดังรูปที่ 2.1

MCS-51 ที่มีขาแบบดิพ (DIP) มีลักษณะการจัดวางขา ดังรูปที่ 2.2 ซึ่งแต่ละขาจะมีหน้าที่การทำงานแตกต่างกันออกไป ดังนี้

- Vcc (ขา40) ต่อกับ +5 โวลต์
- Vss (ขา20) กราวด์
- พอร์ต 0 (ขา 32 – 39) มีทั้งหมด 8 บิต คือ (P0.7 – P0.0) มีโครงสร้างแบบ open – drain bi – directional ใช้งานได้ 2 หน้าที่ คือแอดเดรสบัส (address bus) และค่าบัส (data bus) เมื่อต้องการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกหรือไอโอพอร์ต (I/O port) ถ้าต้องการให้ทำงานเป็น อินพุทพอร์ต (input port) ต้องส่งลอจิก “1” ไปยังพอร์ตนี้ จะมีผลให้ Q ของดีฟลิปฟลอป (D-flipflop) เป็น “0” ทำให้เฟต (FET) ตัวล่างมีสถานะ off สัญญาณที่ใช้อ่าน อินพุทพอร์ตแลทซ์โดยส่งสัญญาณ READ LATCH ไปกระตุ้นที่ tri – state buffer ตัวบนและการอ่าน port (pin) จะใช้สัญญาณ read (pin)
- พอร์ต 1 (ขา 1-8) มีทั้งหมด 8 บิต คือ (P1.0 – P1.7) มีโครงสร้างคล้ายพอร์ต 0 แต่จะใช้ความต้านทานภายในพูลอัพแทน (internal pull up register)
- พอร์ต 2 (ขา 21- 28) มีทั้งหมด 8 บิต คือ (P2.7 – P2.0) มีโครงสร้างคล้ายพอร์ต 0 โดยมีเฟตตัวล่างตัวเดียวส่วนด้านบนใช้ความต้านทานพูลอัพแทน (internal pull up) พอร์ตนี้ทำงาน 2 หน้าที่ คือสามารถใช้เป็นแอดเดรสบัสขนาด 8 บิต (A15 – A8) และเป็นไอโอพอร์ตใช้งานได้ทั้งไปเมื่อจะใช้งานเป็นอินพุทพอร์ตต้องส่งลอจิก “1” มาที่พอร์ตก่อนเพื่อบังคับให้เฟตอยู่ในสถานะ off
- พอร์ต 3 (ขา 10 – 17) มีทั้งหมด 8 บิต คือ ขา (P3.7 – P3.0) มีโครงสร้างคล้ายพอร์ต 1 ทำงานได้ 2 หน้าที่คือเป็นไอโอพอร์ต ถ้าจะโปรแกรมให้เป็นอินพุทพอร์ตต้องส่งลอจิก “1” มาที่พอร์ตนี้ก่อน อีกหน้าที่หนึ่งก็คือใช้ส่งสัญญาณควบคุมออกมาและรับสัญญาณเข้าไปซึ่งสัญญาณต่าง ๆ มีดังนี้

P3.0/RXD (serial input port) เป็นขาที่ใช้รับข้อมูลแบบอนุกรม (UART)

P3.1/TXD (serial output port) เป็นขาที่ใช้ส่งข้อมูลแบบอนุกรม (UART)

P3.2/INT0 (external interrupt 0) ใช้รับสัญญาณการขัดจังหวะจากภายนอกเบอร์ 0

P3.3/INT1 (external interrupt 1) ใช้ส่งสัญญาณการขัดจังหวะจากภายนอกเบอร์ 1

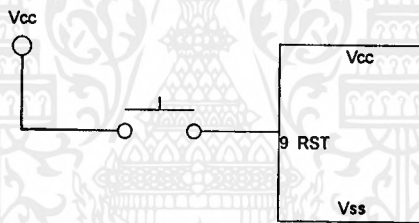
P3.4/T0 (counter external input) ขารับสัญญาณพัลซ์อินพุทเข้าไปยังวงจรร count 0
(เป็นอินพุทโหมดเคาน์เตอร์)

P3.5/T1 (counter 1 external input) ขารับสัญญาณพัลซ์อินพุทเข้าไปยังวงจรร counter 1
(เป็นอินพุทโหมดเคาน์เตอร์)

P3.6/WR (external data memory write strobe) ขาสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูลลงหน่วย
ความจำข้อมูลภายนอก

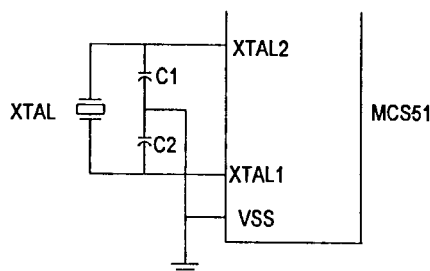
P3.7/RD (external data memory read strobe) ขาสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลจากหน่วย
ความจำข้อมูลภายนอก

- ALE (ขา 30) เป็นขาส่งสโตรบสำหรับใช้ในการแลตซ์แอดเดรสไบต์ต่ำ (A7 – A0) ที่ส่งออกมาจากพอร์ท 0 สัญญาณนี้จะแอกทีฟ (active) ทุก ๆ 2 ครั้ง ใน 1 แมชชีนไซเคิล (machine cycle)
- $\overline{\text{PSEN}}$ (ขา 29) เป็นขาสโตรบที่ใช้สำหรับอ่านข้อมูลจาก program memory ภายนอก สัญญาณนี้จะส่งออกมา 2 ครั้ง ในแต่ละแมชชีนไซเคิลแต่ถ้าเป็นการอ่าน internal program memory จะไม่มีสัญญาณออกที่ขานี้
- $\overline{\text{EA}}$ (ขา30) ใช้เลือกหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก
 บิต “0” จะอ่านโปรแกรมจากภายนอกชิพ
 บิต “1” จะอ่านโปรแกรมจากภายในชิพ
- RST (ขา 9) ขารีเซ็ต (reset) จะรีเซ็ตได้ก็ต่อเมื่อบิตลอจิก “1” เข้าที่ขานี้ นานอย่างน้อย 2 แมชชีนไซเคิล



รูปที่ 2.3 แสดงการต่อขารีเซ็ตให้กับ MCS-51

- XTAL1 (ขา 19) ใช้ต่อคริสตอล (crystal) ภายนอกโดยเป็นอินพุตเข้าสู่วงจรรอสซิลเลเตอร์ (oscillator) ภายใน
- XTAL2 (ขา 18) ใช้ต่อคริสตอลภายนอกโดยเป็นเอาต์พุตของวงจรรอสซิลเลเตอร์ภายใน



รูปที่ 2.4 แสดงการต่อคริสตอลภายนอกเข้ากับ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น. ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

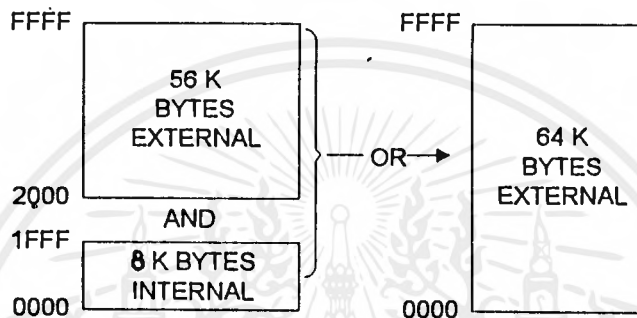
หน่วยความจำภายในชิพ MCS-51

มีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิดคือ

1. หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (program memory)

เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บโปรแกรมทำงาน ซึ่งเป็นรอม (ROM : Read Only Memory)

ขนาด 8 กิโลไบต์ (สำหรับ AT89C52)

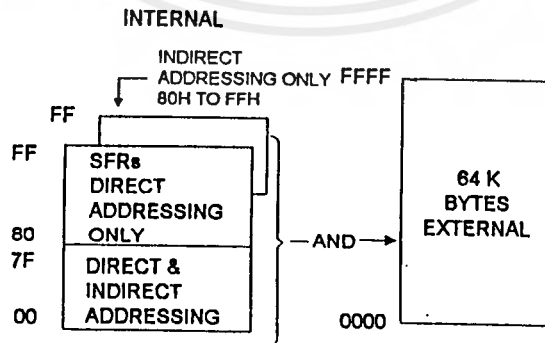


รูปที่ 2.5 แสดงผังหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมของ AT89C52

2. หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (data memory)

หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลก็คือแรม (RAM : Read Only Memory) ซึ่งมีขนาด

256 ไบต์ (สำหรับ AT89C52)



รูปที่ 2.6 แสดงผังหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลของ AT89C52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นที่หน่วยความจำที่เข้าถึงข้อมูลโดยตรงและโดยอ้อม (direct and indirect address area)

พื้นที่ 128 ไบต์ล่างสุดจะแบ่งเป็น 3 ส่วนดังรูปที่ 2.7

Byte	(MSB)								(LSB)
7FH	Scratch Pad Area								
30H									
2FH									
2EH									
2DH	7F	7E	7D	7C	7B	7A	79	78	
2CH	6F	6E	6D	6C	6B	6A	69	68	
2BH	5F	5E	5D	5C	5B	5A	59	58	
2AH	4F	4E	4D	4C	4B	4A	49	48	
29H	3F	3E	3D	3C	3B	3A	39	38	
28H	2F	2E	2D	2C	2B	2A	29	28	
27H	1F	1E	1D	1C	1B	1A	19	18	
26H	0F	0E	0D	0C	0B	0A	09	08	
25H	07	06	05	04	03	02	01	00	
1FH	R0-R7								รีจิสเตอร์ แบงก์ 3
18H	R0-R7								รีจิสเตอร์ แบงก์ 2
17H									
10H	R0-R7								รีจิสเตอร์ แบงก์ 1
0FH									
08H	R0-R7								รีจิสเตอร์ แบงก์ 0
07H									
00H	R0-R7								

รูปที่ 2.7 แสดงขนาดของแรม 128 ไบต์ที่เข้าถึงข้อมูลแบบทางตรงและทางอ้อม

1. รีจิสเตอร์แบงก์ (register banks 0 – 3)

ตั้งแต่ตำแหน่ง 00h ถึง 1Fh จะเป็นส่วนของรีจิสเตอร์แบงก์ (0 – 3) โดยแบ่งเป็นแบงก์ๆ ละ 8 ไบต์รวมแล้วได้ 32 ไบต์ (แต่ละแบงก์จะมีรีจิสเตอร์ R0, R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7) ถ้าซีพียู ทำงานอยู่ที่แบงก์ 3 เมื่อถูกรีเซ็ตก็จะกลับมาทำงานที่แบงก์ 0 เสมอ และ SP จะมาเริ่มต้นที่ตำแหน่ง 07h ทันที

2. บริเวณหน่วยความจำที่ใช้คำสั่งอ่านเขียนแบบทีละบิตได้ (bit addressable area)

พื้นที่ตั้งแต่แอดเดรส 20h ถึง 7Fh จำนวน 16 ไบต์หรือแบ่งเป็นบิตจะได้เท่ากับ 128 บิต ซึ่งตำแหน่งบิตมีดังต่อไปนี้ 00 , 01 , 02 , 03 , 04 , 05 , 06 , 07 จนถึง 7Fh เช่น บิต 00 ก็คือ D0 ของหน่วยความจำตำแหน่งที่ 20h บิต 01 ก็คือ D1 ของหน่วยความจำตำแหน่งที่ 20h

3. บริเวณหน่วยความจำที่ใช้งานทั่วไป (scratch pad area)

พื้นที่ตั้งแต่ 30h ถึง 7Fh จะเขียนข้อมูลได้ทีละไบต์เท่านั้น ไม่สามารถใช้คำสั่งเกี่ยวกับบิตได้ถ้าข้ายเนื้อที่สแตคมาบริเวณนี้โปรแกรมเมอร์จะระวังการเขียนข้อมูลมาทับสแตค

2.1.2 การเขียนโปรแกรมหน่วยเวลาสำหรับ MCS-51

โปรแกรมหน่วยเวลามีความจำเป็นอย่างยิ่งในงานต่างๆ เช่น การสแกนคีย์บอร์ดและการแสดงผล หรืองานอื่นๆการหน่วยเวลาอาจใช้วิธีวนลูปแล้วรอจนถึงเวลาที่ต้องการ หรืออาจจะใช้อุปกรณ์พวกไทเมอร์ (timer) ต่างๆ โปรแกรมหน่วยเวลามีทั้งแบบลูปเดียวและหลายลูปซ้อนกัน

• โปรแกรมหน่วยเวลาแบบลูป (loop) เดียว

จะใช้รีจิสเตอร์ตัวเดียวเป็นตัวกำหนดค่าเริ่มต้น แล้วใช้วิธีลดค่าลงหนึ่งแล้วทำการตรวจสอบถ้าไม่เป็นศูนย์ ให้ทำการลดค่าลงอีกครั้งแล้วทำการตรวจสอบใหม่จนกว่าค่าในรีจิสเตอร์นั้นๆ จะมีค่าเป็นศูนย์ คำสั่งปิดท้ายโปรแกรมย่อยหน่วยเวลานี้จะใช้คำสั่ง RETURN (RET) เสมอ ดังตัวอย่างที่ 1

ตัวอย่างที่ 1 การออกแบบโปรแกรมหน่วยเวลาที่สั้นที่สุดโดยใช้รีจิสเตอร์ R0 เมื่อกำหนด MCS-51 RUN ที่ความเร็ว 12 MHz และ 11.059 MHz

ที่ 12 MHz 1 machine cycle ใช้ clock = 12 ลูกจะกินเวลาเท่ากับ $12 \{1/(12)(10^6)\} = 1 \mu\text{S}$

ที่ 11.059 MHz 1 machine cycle ใช้ clock = 12 ลูกจะกินเวลาเท่ากับ $12 \{(11.059)(10^6)\} = 1.082 \mu\text{S}$

; subroutine for delay time machine cycle

DELAY: MOV R0,#01H [1]; โหลด R0 = 01H

DELAY1: DJNZ R0, DELAY1 [2]; ลดค่า R0 ลงหนึ่งแล้วตรวจสอบ

ถ้าไม่เท่ากับศูนย์ให้ทำซ้ำจนกว่าจะเป็นศูนย์

รวม = MOV R0, #01H[1] + DJNZ, DELAY1 [2] + RET [2]

รวม = [1] + [2] + [2]

รวม = 5 Machie Cycle

กินเวลา	= 5 (1 μ S) = 5 μ S	ที่ความเร็ว 12 MHz
กินเวลา	= 5 (1.082 μ S) = 5.3 μ S	ที่ความเร็ว 11.085 MHz

• โปรแกรมหน่วงเวลาแบบ 2 ลูป

การคิดเวลาที่หน่วงไปจะคิดจากลูปในคูณลูปนอก ถ้ากำหนด R0 ทำงานวนลูปในและ R1 ทำงานวนลูปนอก เราสามารถคำนวณหาเวลาที่หน่วงไปได้ดังตัวอย่างที่ 2

ตัวอย่างที่ 2 ถ้า R0 = 03H , R1 = 02H จงเขียน โปรแกรมหน่วงเวลา ถ้ากำหนด MCS-51 RUN ที่ Speed 12 MHz จงเขียนโปรแกรมก่อน แล้วจึงมาคำนวณเวลา

วิธีทำ ก่อนอื่นจะต้องเขียนโปรแกรมแล้วจึงมาคำนวณเวลา

***** subroutine delay time *****

		machine cycle
DELAY:	MOV R1 , #02H	[1]
DEL2 :	MOV R0 , #03H	[1]
DEL1 :	DJNZ R0 , DEL1	[2]
	DJNZ R2 , DEL2	[2]
	RET	[2]

จากโปรแกรมนำมาเขียนจำนวน machine cycle ตามการ โฟลว์ของ โปรแกรม

$$\text{รวม} = 1 + \{1+2+2+2+2\} + \{1+2+2+2+2\} + 2$$

$$\text{รวม} = 1 + \{1+3(2)+2\} + \{1+3(2)+2\} + 2$$

$$\text{รวม} = 1 + \{3+3(2)\} + \{3+3(2)\} + 2$$

$$\text{รวม} = 1 + 2\{3+3(2)\} + 2 \dots\dots\dots(1)$$

ให้แทนรีจิสเตอร์ R0 ณ จุดที่วน 3 รอบ

ให้แทนรีจิสเตอร์ R1 ณ จุดที่วน 2 รอบ

$$\text{รวม} = 1 + R1 \{3 + R0(2)\} + 2$$

$$\text{รวม} = 3 + R1 \{3 + R0(2)\} \dots\dots\dots(2)$$

ลองแทน R1 = 02 , R0 = 03 ลงในสมการ (2)

$$\text{รวม} = 3 + 2\{3+3(2)\}$$

$$\text{รวม} = 3 + 2(9)$$

รวม = 21 machine cycle ซึ่งตรงกับผลรวมในสมการที่ 1 แสดงว่าถูก

สรุป ดังนั้นเราสามารถนำสูตรสมการที่ 2 ไปใช้ได้เลย เมื่อ MCS-51 RUN ที่ความเร็ว 12 MHz จะหน่วงเวลาในโปรแกรมนี้นี้เท่ากับ

เวลาที่หน่วยไป = $21(1\mu\text{S}) = 21\mu\text{S}$

• โปรแกรมหน่วงเวลาแบบ 3 ลูป

การหน่วงเวลาที่ต้องการเวลามากๆ จะใช้ลูปนอกอีก 1 ชั้นรวมเป็น 3 ชั้นดังโปรแกรมข้าง
ล่างนี้

```

                                ORG 0000H
1                                MOV R2,#02H      [1] ;
2    LOOP3:                     MOV R1,#03H      [1] ;
3    LOOP2:                     MOV R0,#04H      [1] ;
4    LOOP1:                     DJNZ R0,LOOP1   [2] ;
5                                DJNZ R1,LOOP2   [2] ;
6                                DJNZ R2,LOOP3   [2] ;
7                                RET              [2] ;
8                                END              [2] ;

```

วิธีคำนวณ

ให้พิจารณาว่าคำสั่งบรรทัดไหนบ้างแล้วใส่ค่า machine cycle เข้าไปแล้วทำเป็นสูตรออกมา
จะได้การวนรอบคำสั่งและสูตรดังนี้

$$\begin{aligned} \text{คำสั่งที่} &= 1 + [2 + \{3+4+4+4+4+5\} + \{3+4+4+4+4+5\} + \{3+4+4+4+5\} + 6] + [2 + \{3+4+4+4+4+5\} \\ &+ \{3+4+4+4+4+5\} + \{3+4+4+4+4+5\} + 6] + 7 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ใช้ machine cycle} &= 1 + [1 + \{1+2+2+2+2+2\} + \{1+2+2+2+2+2\} + \{1+2+2+2+2+2\} + 2] \\ &+ [1 + \{1+2+2+2+2+2\} + \{1+2+2+2+2+2\} + \{1+2+2+2+2+2\} + 2] + 2 \\ &= \text{XX} \\ &= 1 + [1 + \{4(2)+2\} + \{1+4(2)+2\} + \{1+4(2)+2\} + 2] \\ &+ [1 + \{4(2)+2\} + \{1+4(2)+2\} + \{1+4(2)+2\} + 2] + 2 \\ &= 1 + 2[1 + 4(2)+2] + \{1+4(2)+2\} + \{1+4(2)+2\} + 2 \\ &= 1 + 2[1 + 3\{1+4(2)+2\} + 2] + 2 \end{aligned}$$

จะได้สูตร

$$1 + R2[1 + R1\{1 + R0(2)+2\} + 2] + 2$$

2.2 ระบบเซอร์โว (servo system)

คือระบบการคอนโทรลเครื่องจักรกลที่มีการทำงานเป็นไดนามิก (dynamic) หมายถึงระบบคอนโทรลที่มีตัวแปรอินพุต $r(t)$ เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา ดังนั้นตามหลักการของระบบคอนโทรลที่มีการป้อนกลับแบบรูปปิดแล้ว การทำงานของระบบเซอร์โวตัวแปรเอาต์พุตของระบบจะติดตามการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรอินพุตไปในเวลาเดียวกัน ซึ่งเราอาจจะเรียกระบบดังกล่าวได้อย่างหนึ่งว่าเป็นระบบแทรกกิ้งคอนโทรล (tracking control system) หรือระบบโพลโลอิ่งคอนโทรล (following control system)

สรุปได้ว่าระบบเซอร์โว คือ ระบบการคอนโทรลเครื่องจักรกลที่ไปจับโหลดให้มีการเคลื่อนไหวในลักษณะเป็นตำแหน่งมุม , ความเร็วรอบ , อัตราเร่ง และแรงบิด หรือระบบเซอร์โวก็คือระบบการคอนโทรลมอเตอร์นั่นเองซึ่งจำแนกออกได้เป็น 4 แบบดังนี้

1. ระบบการคอนโทรลตำแหน่งเพลลาของมอเตอร์ , เมื่อ $r(t) = \theta(t)$
2. ระบบการคอนโทรลความเร็วรอบของเพลลามอเตอร์ , เมื่อ $r(t) = \frac{d\theta(t)}{dt} = \omega(t)$
3. ระบบการคอนโทรลอัตราเร่งของเพลลามอเตอร์ , เมื่อ $r(t) = \frac{d\omega(t)}{dt} = \alpha(t)$
4. ระบบการคอนโทรลแรงบิดของเพลลามอเตอร์ , เมื่อ $r(t) = J \frac{d\omega}{dt} = T(t)$

ระบบเซอร์โวที่นำมาใช้ในโครงการนี้จะใช้แบบการคอนโทรลตำแหน่งมุม ซึ่งระบบเซอร์โวประกอบด้วยเซอร์โวมอเตอร์ และวงจรส่วนควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ (รายละเอียดอยู่ในบทที่ 3)

2.2.1 ดีซีเซอร์โวมอเตอร์ (DC. servomotor)

ดีซีเซอร์โวมอเตอร์ก็คือ ดีซีมอเตอร์ที่มีส่วนประกอบเชิงกลคือ เกียร์บล็อก (gearblock) ประกอบอยู่ที่เพลลาของตัวดีซีมอเตอร์เอง ซึ่งในโครงการนี้เราสามารถนำเอาดีซีเซอร์โวมอเตอร์มาใช้งานในหลายหน้าที่ต่างๆ กันได้แก่ ใช้เป็นตัวควบคุมการเลี้ยวของรถ (หักแฮนด์) , ใช้เพื่อเป็นอินพุตให้กับตัวเซนเซอร์ (โปเทนชิโอมิเตอร์) ของวงจรชุดควบคุมการเลี้ยว (รายละเอียดอยู่ในบทที่ 3) ซึ่งจะใช้เซอร์โวตัวเล็ก และดีซีเซอร์โวมอเตอร์อีกตัวถูกนำมาใช้เป็นตัวขับเคลื่อนของรถจักรยาน

● ดีซีมอเตอร์ (DC. motor)

ดีซีมอเตอร์เป็นทรานสดิวเซอร์ (transducer) แรงบิดซึ่งมีการออกแบบให้มีคุณลักษณะพิเศษคือแรงบิดของเพลลาของดีซีมอเตอร์จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกระแสอาร์มาเจอร์ (armature) แรงบิดของเพลลาของดีซีมอเตอร์จะได้จากผลระหว่างสนามแม่เหล็กและขดลวดตัวนำ ในที่นี้กระแสที่ไหลในขดลวดตัวนำจะสร้างฟิลด์ (field) ที่ประกอบด้วยเส้นแรงแม่เหล็ก ϕ และขดลวดตัวนำเหล่านี้

นี้อยู่ห่างจากศูนย์กลางการหมุนเท่ากับ r ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดของเพลลาและกระแสเท่ากับ

$$T = K\phi I \quad \dots(2-1)$$

เมื่อ T คือแรงบิดของเพลลา มีหน่วยเป็นนิวตัน-เมตร (N-m)
 ϕ คือเส้นแรงแม่เหล็ก มีหน่วยเป็นเวเบอร์ (wb)
 I คือกระแสเป็นแอมแปร์ (A)
 และ K คือค่าคงที่

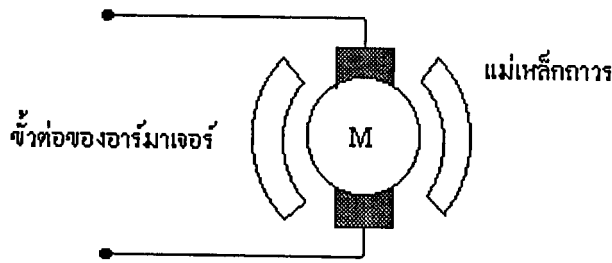
ดังนั้นแรงบิดของเพลลาจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับผลคูณของเส้นแรงแม่เหล็กและกระแส เมื่อขดลวดตัวนำเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กก็จะทำให้เกิดโวลต์เตจ (voltage) ตกคร่อมตัวมันเอง โวลต์เตจนี้จะเป็นสัดส่วนกับความเร็วของเพลลาของมอเตอร์และต้านการไหลของกระแส ความสัมพันธ์ระหว่างโวลต์เตจย้อนกลับ (back emf) นี้และความเร็วของเพลลามอเตอร์คือ

$$E = K\phi \omega \quad \dots(2-2)$$

เมื่อ E คือ โวลต์เตจย้อนกลับ มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)
 θ คือ เส้นแรงแม่เหล็ก มีหน่วยเป็นเวเบอร์ (wb)
 ω คือ ความเร็วของมอเตอร์ มีหน่วยเป็นเรเดียนต่อวินาที (rad/sec)

สมการ (2-1) และ (2-2) เป็นสมการที่แสดงถึงหลักการทำงานพื้นฐานของดีซีมอเตอร์ ดีซีมอเตอร์นั้นสามารถจำแนกออกไปได้หลายประเภท ซึ่งจะขึ้นอยู่กับวิธีในการสร้าง จึงขอกล่าวรวมๆ เฉพาะที่รู้จักกันเป็นส่วนใหญ่ในปัจจุบันนั้นคือ ดีซีมอเตอร์แบบขนาน (shunt DC. motor) , แบบอนุกรม (series) , แบบผสม (compound) และแบบแม่เหล็กถาวร (permanent magnet motor)

ในโครงการนี้ดีซีมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรได้ถูกนำมาใช้ ซึ่งมีลักษณะโครงสร้างดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 แสดง โครงสร้างของมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร

มอเตอร์แบบนี้จะใช้การกระตุ้นฟิวด์ของมอเตอร์เป็นแม่เหล็กถาวรซึ่งต่างจากแบบอื่นที่ใช้ขดลวด ซึ่งแบบนี้จะให้เส้นแรงของฟิวด์มีค่าคงที่ ดังนั้นอัตราส่วนระหว่างกระแสอาร์มาเจอร์และแรงบิดจะมีค่าคงที่ด้วย ซึ่งจะมีข้อดีคือไม่มีการสูญเสียในฟิวด์ ทำให้มีประสิทธิภาพสูงกว่าและมีขนาดเล็กกว่าเมื่อเทียบกับมอเตอร์แบบใช้ขดลวดในการกระตุ้น ที่มีขนาดกำลังม้าเท่ากันจึงเหมาะที่จะนำไปใช้กับงานที่ต้องการแรงบิดของโหลดสูงๆ

2.2.2 เซอร์โวแอมพลิไฟเออร์ (servo amplifier)

เซอร์โวแอมพลิไฟเออร์ เป็นการเรียกวจรเพาเวอร์อิเล็กทรอนิกส์ที่ออกแบบขึ้นเพื่อใช้ขับเซอร์โวมอเตอร์โดยการควบคุมความเร็วหรือตำแหน่ง และถูกนำมาใช้มากในงานอุตสาหกรรมและการประดิษฐ์หุ่นยนต์

เซอร์โวแอมพลิไฟเออร์ เป็นส่วนของตัวไดร์ (driver) ทำหน้าที่ปรับปรุงและขยายสัญญาณให้เหมาะสมก่อนที่จะป้อนไปขับมอเตอร์ โดยทั่วไปเซอร์โวแอมพลิไฟเออร์จะถูกแบ่งออกเป็นลิเนียร์แอมพลิไฟเออร์ (linear amplifier) และพัลส์วิดท์มอดูเลชัน (pulse width modulation) ซึ่งเป็นแบบสวิตชิงแอมพลิไฟเออร์ (switching amplifier) โดยในโครงงานนี้ได้เลือกใช้แบบลิเนียร์แอมพลิไฟเออร์

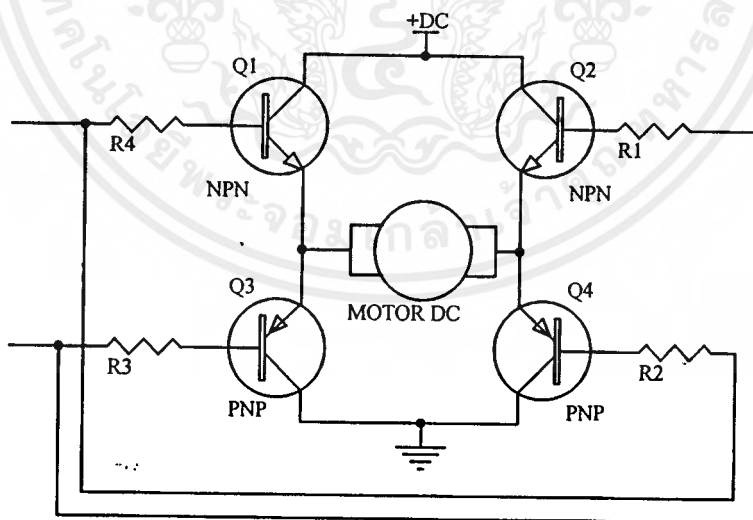
- ลิเนียร์แอมพลิไฟเออร์

เป็นการควบคุมมอเตอร์แบบต่อเนื่อง ซึ่งจะทำงานโดยขับให้ทรานซิสเตอร์ทำงานอยู่ในย่านที่เป็นเชิงเส้น โดยจะมีลิเนียร์แอมพลิไฟเออร์เป็นตัวจ่ายแรงดันหรือกระแสในอัตราที่เปลี่ยนแปลงตามแรงดันการควบคุม ลิเนียร์แอมพลิไฟเออร์สามารถให้การควบคุมที่เที่ยงตรง และปราศจากปัญหาที่เกิดจากสวิตชิง เช่น การรบกวนทางสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic interference) จึงทำให้การควบคุมแบบนี้เป็นที่น่าสนใจ ซึ่งนับว่าเป็นข้อดีประการหนึ่ง แต่ข้อเสียที่

เกิดขึ้นก็คือ มีการสูญเสียทางกำลังไฟสูง เนื่องจากกำลังงานส่วนใหญ่จะสูญเสียในเอาต์พุท ทรานซิสเตอร์เป็นจำนวนมาก เพราะในขณะที่มอเตอร์ไม่ทำงาน ทรานซิสเตอร์ส่วนนี้ก็ต้องแบกรับเนื่องจากว่ามีกระแสไหลผ่านตัวมัน

เซอร์โวแอมพลิไฟเออร์แบบทรานซิสเตอร์ จัดออกได้ตามหลักการออกแบบภาคเอาต์พุท ออกได้เป็น 2 แบบ คือ แบบ “H” และแบบ “T” ซึ่งทั้งสองแบบนี้สามารถที่จะนำมาควบคุมคีมอเตอร์ให้ทำงานในสองทิศทางได้ ในที่นี้เราได้เลือกใช้แบบ “H” หรือแบบบริดจ์ดังแสดงในรูปที่ 2.9 ซึ่งประกอบด้วยทรานซิสเตอร์ 4 ตัว ใช้ซีพินาเวอ์ซัพพลายเพียงตัวเดียว ภาคเอาต์พุทแบบนี้มีข้อดีคือ ง่าย เพาเวอ์ซัพพลายใช้เพียงขั้วเดียว (+DC) และการป้องกันโวลต์เตจย้อนกลับจะมีการแบ่งส่วนกันระหว่างทรานซิสเตอร์ อย่างไรก็ตามเป็นการยากที่จะให้วงจรภาคเอาต์พุทแบบนี้ทำงานเป็นลิเนียร์ และกระทำการป้องกันกลับของกระแสและโวลต์เตจจากมอเตอร์กระทำได้ยากเนื่องจากมอเตอร์อยู่ในสภาวะลอยตัว (หรือไม่ได้ต่อกับกราวด์)

การทำงานของวงจรบริดจ์คือ Q1 และ Q4 จะนำกระแสเมื่อมอเตอร์ได้รับโวลต์เตจให้หมุนไปในทิศทางหนึ่ง และ Q2 กับ Q3 จะนำกระแสเมื่อมอเตอร์ได้รับโวลต์เตจให้หมุนไปในทิศทางตรงข้าม ดังนั้นโวลต์เตจที่ตกคร่อมทรานซิสเตอร์แต่ละตัวที่นำกระแสจะเท่ากับผลต่างของแหล่งจ่ายโวลต์เตจและโวลต์เตจที่มอเตอร์ใช้งานจริง



รูปที่ 2.9 ภาคเอาต์พุทแบบ “H” (ใช้เพาเวอ์ซัพพลายตัวเดียว)

ในวงจรใช้งานจริงของลิเนียร์แอมพลิไฟเออร์ที่ใช้ที่นี่เราจะใช้ไอซีทำหน้าที่นี้ โดยต่อร่วมกับอุปกรณ์ภายนอกเพียงเล็กน้อย ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดในบทที่ 3 ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

โครงสร้างของหุ่นยนต์จักรยาน

โครงสร้างของระบบในโครงการหุ่นยนต์จักรยานนี้สามารถจำแนกออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ ได้แก่ โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ (hardware) และการออกแบบซอฟต์แวร์ (software) โดยรายละเอียดในส่วนของการออกแบบซอฟต์แวร์นั้นจะอธิบายอยู่ในบทที่ 2 และ 4 ดังนั้นในบทนี้จะขออธิบายเฉพาะโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

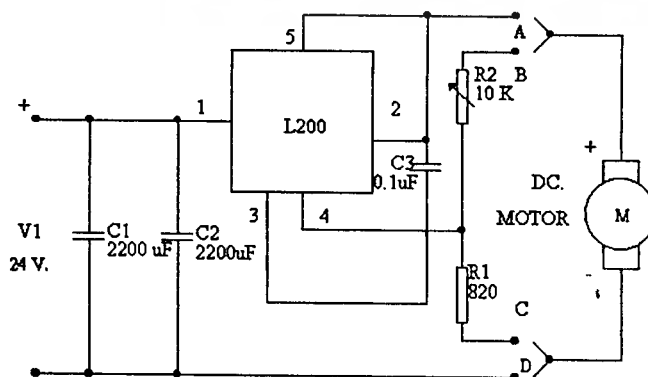
3.1 โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์

ในส่วนของฮาร์ดแวร์นั้นสามารถแยกออกได้เป็นหลายส่วน ซึ่งแต่ละส่วนจะทำงานร่วมกัน พอที่จะอธิบายได้ดังต่อไปนี้

3.1.1 ชุดขับเคลื่อนของตัวรถ

ในส่วนการขับเคลื่อนของหุ่นยนต์จักรยานนี้จะใช้มอเตอร์ ซึ่งเป็นแบบที่มีเกียร์บล็อกติดมาด้วย มีความเร็ว 78 รอบต่อนาที 18 โวลต์ สาเหตุที่เลือกใช้มอเตอร์ก็เนื่องจากคุณสมบัติของมอเตอร์ที่มีแรงบิดสูงที่ความเร็วรอบต่ำ ซึ่งเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการขับเคลื่อนรถ รวมไปถึงถึงสาเหตุที่แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าของรถจักรยานได้มาจากแบตเตอรี่ (battery) ขนาด 24 โวลต์

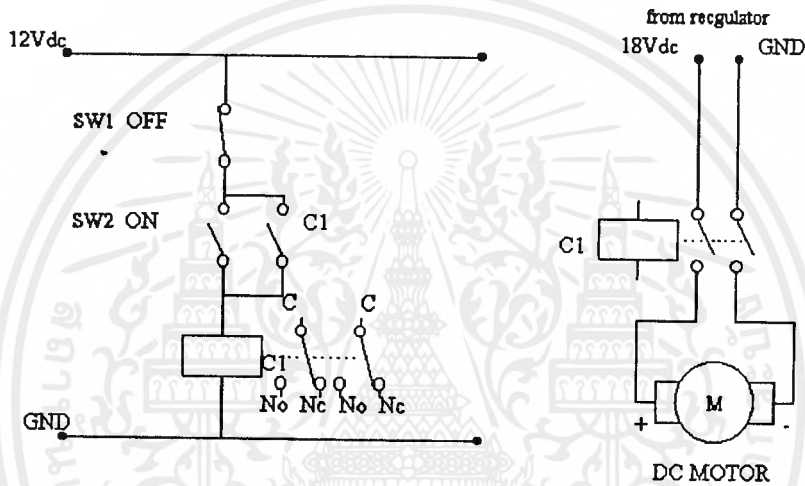
ในส่วนของวงจรที่ใช้ควบคุมการขับเคลื่อนนั้น เนื่องจากเราจะใช้ความเร็วในการขับเคลื่อนคงที่ดังนั้นจึงไม่มีวงจรควบคุมความเร็วของมอเตอร์ขับเคลื่อนแต่อย่างใด ดังที่กล่าวมาเราจึงใช้วงจรเรกกูเลเตอร์ (regulator) ทำหน้าที่จ่ายกระแสและแรงดันให้กับมอเตอร์ โดยวงจรจะใช้ไอซีเบอร์ L200 ของบริษัท SGS-Thomson ประกอบเป็นวงจรจ่ายไฟแบบปรับแรงดันได้ (programmable voltage regulator) แสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 วงจร programmable voltage regulator

อินพุทที่ป้อนให้กับวงจรคือ แรงดันจากแบตเตอรี่ 24 โวลต์ ส่วนค่าแรงดันเอาต์พุทนั้นสามารถที่จะปรับค่าได้ที่ตัวต้านทานปรับค่าได้ โดยในที่นี้จะปรับให้มีแรงดันเอาต์พุทเท่ากับ 18 โวลต์ เพื่อจ่ายให้กับมอเตอร์ขับเคลื่อน

เทคนิคในการควบคุมการทำงานของชุดขับเคลื่อนก็คือ เราจะใช้รีเลย์ขนาด 5 แอมป์ 12 โวลต์ มาใช้เป็นตัวตัดต่อการจ่ายแรงดันเอาต์พุทให้กับมอเตอร์ขับเคลื่อน โดยในส่วนของวงจรคอนโทรล (control circuit) และวงจรเพาเวอร์ (power circuit) ของรีเลย์นั้นแสดงได้ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงวงจรคอนโทรลและวงจรเพาเวอร์ของการควบคุมมอเตอร์ขับเคลื่อน

สวิต 1 และ 2 นั้นเป็นลิมิตสวิต (Limit Switch)ซึ่งจะทำหน้าที่ เปิด - ปิดการทำงานของรีเลย์ C1 เมื่อรีเลย์ทำงานก็จะมีแรงดันและกระแสจ่ายให้กับมอเตอร์ขับเคลื่อน ลิมิตสวิตสองตัวนี้จะติดอยู่กับคิซีเซอร์ โวมอเตอร์ตัวเล็กที่มากับชุดวิทยุบังคับ โดยการนำมาประยุกต์ใช้งานในการควบคุมการทำงานของมอเตอร์ขับเคลื่อน โดยสามารถที่จะสั่งให้มอเตอร์ขับเคลื่อนทำงานและหยุดได้โดยไม่ต้องไปกดสวิตที่รถโดยตรง ซึ่งทำให้สะดวกและง่ายในการควบคุม

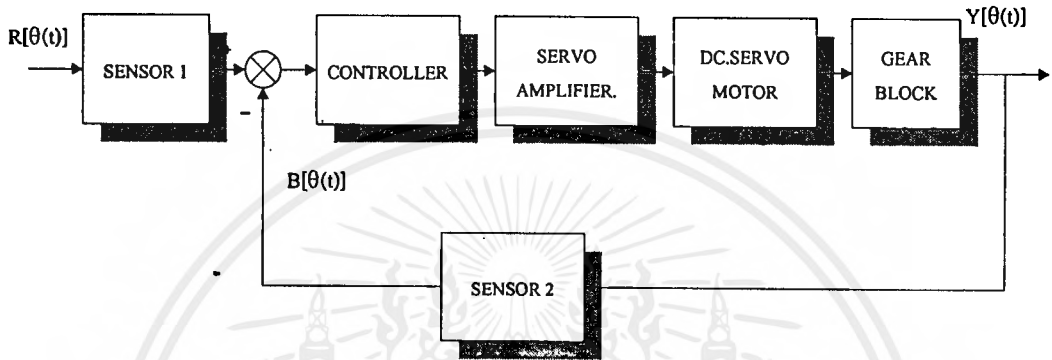
3.1.2 ชุดควบคุมการเลี้ยง

ในการออกแบบและสร้างระบบควบคุมการเลี้ยงของรถนั้น ได้อาศัยการควบคุมตำแหน่งหมุนโดยให้มอเตอร์หมุนไปยังตำแหน่งที่ต้องการ การควบคุมตำแหน่งจะทำได้โดยการเปรียบเทียบสัญญาณควบคุมกับสัญญาณป้อนกลับ (feedback) ที่มาจากเอาต์พุท ความต่างของสัญญาณจะถูกแปลงเป็นแรงดันทางอนาล็อก (analog voltage) และส่งค่าไปยังส่วนขยายของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เซอร์โว (servo amplifier) ที่เป็นตัวควบคุมการทำงานของมอเตอร์ (บังคับเลี้ยว) ซึ่งจะทำให้มอเตอร์หมุนไปในทิศทางที่ทำให้สัญญาณความผิดพลาด (error signal) เป็นศูนย์ก็จะหยุดหมุน บล็อกไดอะแกรมของการคอนโทรลตำแหน่งหมุนของดีซีเซอร์โวมอเตอร์แสดงได้ดังรูปที่ 3.3

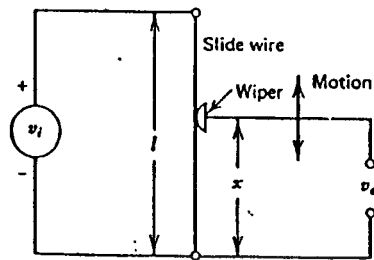


รูปที่ 3.3 แสดงบล็อก ไดอะแกรมของรูปการคอนโทรลตำแหน่งหมุน

ในการควบคุมแบบตำแหน่งหมุนนี้ประกอบด้วยส่วนประกอบหลายส่วน ซึ่งอธิบายได้ดังต่อไปนี้

● เซนเซอร์ (Sensor 1, 2)

ทำหน้าที่เป็นตัววัดตำแหน่งการหมุนของดีซีเซอร์โวมอเตอร์ โดยเราจะใช้พ็อต (POT) หรือโปเทนชิโอมิเตอร์ (potentiometer) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่เปลี่ยนพลังงานกลให้อยู่ในรูปของพลังงานไฟฟ้า โดยอินพุตที่ป้อนให้แก่โปเทนชิโอมิเตอร์จะอยู่ในรูปของการเคลื่อนที่แบบเชิงกล ซึ่งในโครงการนี้ได้นำเอาเซอร์โวมอเตอร์ตัวเล็กที่มากับชุดวิทยุบังคับมาใช้ (จะกล่าวรายละเอียดต่อไป) เมื่อป้อนแรงดันที่ปลายข้างที่อยู่กับที่ของโปเทนชิโอมิเตอร์ แรงดันเอาต์พุตที่ออกมาที่ปลายของส่วนเคลื่อนที่จะแปรผันโดยตรงกับระยะทางของการเคลื่อนที่ ซึ่งในที่นี้ได้แก่ตำแหน่งของมุมที่หมุนไปดังรูปที่ 3.4

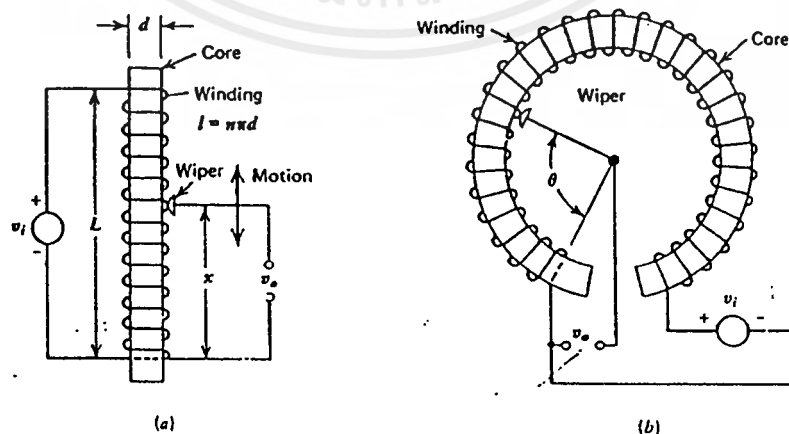


รูปที่ 3.4 แสดงส่วนประกอบของโปเทนชิโอมิเตอร์

ความสัมพันธ์ระหว่างเอาต์พุตโวลต์ที่ตกกับระยะของหัวไวเปอร์ (wiper) ซึ่งเคลื่อนที่ไปตามความยาวของเส้นลวดมีดังนี้

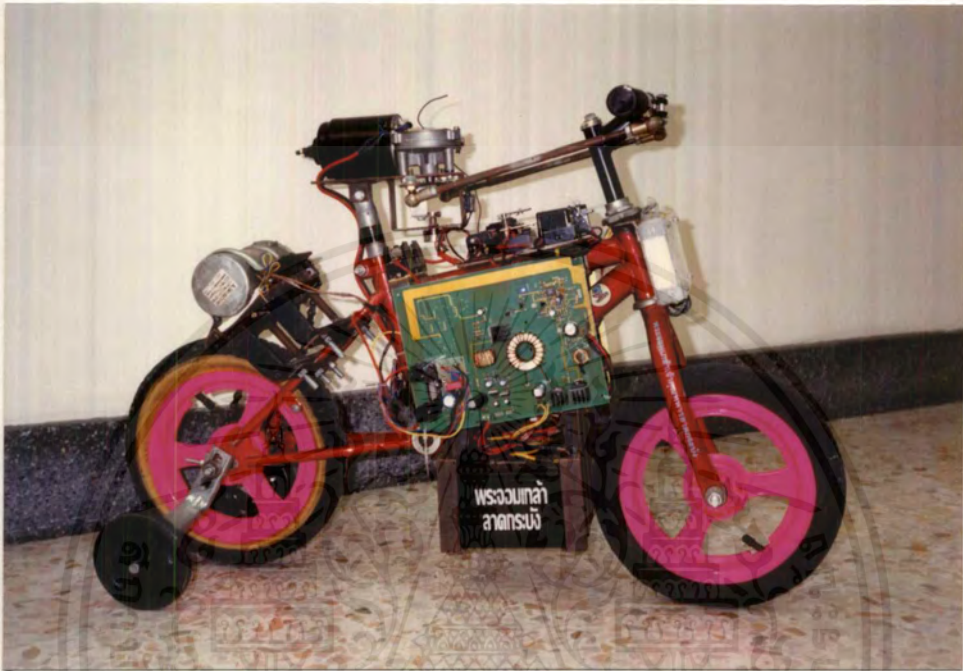
$$V_o = \frac{xV_i}{l}, \quad x = \frac{V_o l}{V_i}$$

ในการนำเอาโปเทนชิโอมิเตอร์มาใช้ในระบบนี้จะใช้แบบขดลวดพัน (wire-wound potentiometer) ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 3.5



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 3.5 แสดง wire-wound potentiometer ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

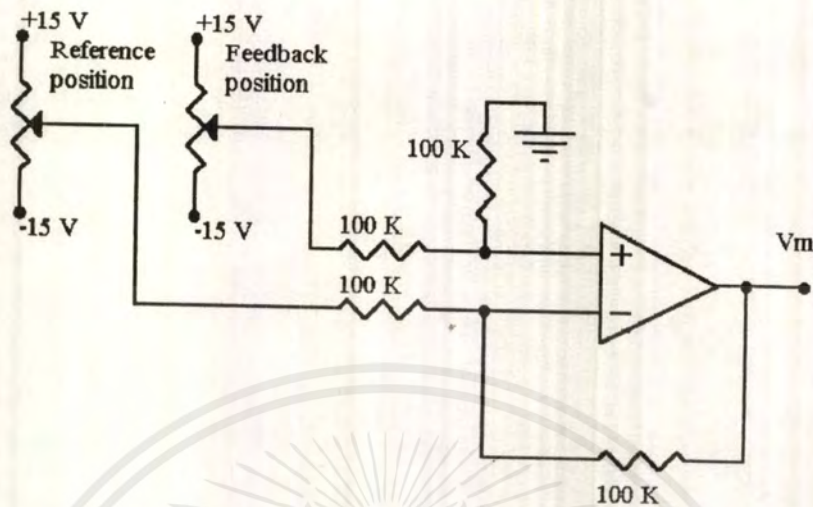
โดยที่ตัวหนึ่งนำไปเป็นอินพุทของวงจรควบคุมการเลี้ยว ส่วนอีกตัวหนึ่งนำไปใช้เป็น feedback ตำแหน่งองศาของการหมุนกลับมา ซึ่งมีลักษณะการติดตั้งดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แสดงภาพถ่ายการติดตั้ง โปเทนชิโอมิเตอร์ที่ทำหน้าที่เป็นตัว feedback ตำแหน่งหมุน

- **ตัวควบคุม (Controller)**

หรือเรียกว่าเออร์เรอร์แชนเนล (error channel) ตัวควบคุมที่ใช้ในระบบเซอร์โวนี้แสดงได้ดังรูปที่ 3.7 ซึ่งเป็นตัวควบคุมแบบง่ายๆ ที่เรียกว่า ตัวคอนโทรลเลอร์แบบปรีออบพอร์ชันแนล (proportional) กล่าวคือมันจะให้สัญญาณเอาต์พุทเป็นสัดส่วนกับสัญญาณเออร์เรอร์



รูปที่ 3.7 วงจรของตัวเออร์เรอร์ชั้นนำ

• เซอร์โวแอมพลิไฟเออร์ (Servo Amplifier)

เป็นส่วนไดรฟ์เวอร์ (driver) ทำหน้าที่ปรับปรุงและขยายสัญญาณให้เหมาะสมก่อนที่จะป้อนให้กับมอเตอร์ วงจรเซอร์โวแอมพลิไฟเออร์ที่ใช้ในโครงการนี้จะใช้แบบลิเนียร์ เพาเวอร์แอมพลิไฟเออร์ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 2

วงจรในส่วนควบคุมการเคลื่อนนี้จะใช้ไอซีเบอร์ MC33030 ของโมโตโลลา (Motolola) ซึ่งเป็นไอซีที่ใช้ขับมอเตอร์ ไอซีมีการทำงานภายในเป็นแบบ “H” บริดจ์ ซึ่งสามารถควบคุมการทำงานได้สองทิศทางโดยใช้แหล่งจ่ายไฟชุดเดียว ทำงานที่พิกัด 1แอมป์/36 โวลต์ มีวงจรป้องกันแรงดันและกระแสไฟเกิน แต่ไม่มีวงจรป้องกันด้านอุณหภูมิ ภายในไม่มีวงจรพัลส์วิดท์มอดูเลชัน และวงจรควบคุมกระแส การควบคุมจะใช้วิธีการสวิตเปิด-ปิดแรงดันไฟที่เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงค่าหนึ่ง (window comparator) เพื่อป้องกันการทำงานในช่วง deadband ที่อาจทำให้ตำแหน่งของการหมุนผิดพลาดไป อีกทั้งภายในไอซียังมีชุดคอนโทรลเลอร์ประกอบอยู่อีกด้วย

เนื่องจากวงจรภายในไอซีเบอร์นี้ ที่ภาค Power H-switch สามารถทนกระแสได้เพียง 1 แอมป์ ซึ่งน้อยไปสำหรับที่จะนำไปขับเซอร์โวมอเตอร์โดยตรง เนื่องจากเซอร์โวมอเตอร์นี้กินกระแสถึง 3 แอมป์ จึงจะทำให้ไอซีนี้เสียหายได้ ดังนั้นจึงได้ทำการแก้ไขโดยต่อวงจร Power H-switch Buffer เข้าไปที่ส่วนเอาต์พุตของไอซี MC 33030 ที่จุด driver A และ B (ขา 14 และ 15 ตามลำดับ รายละเอียดดูในภาคผนวก) โดยวงจรจะใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ TIP 2955 และ TIP 3055

ของบริษัท SGS-Thomson ทำหน้าที่เป็นตัวสวิต จึงทำให้วงจรสามารถที่จะทนกระแสได้สูงขึ้น วงจรสำเร็จของชุดควบคุมการเลี้ยวแสดงไว้ในภาคผนวก

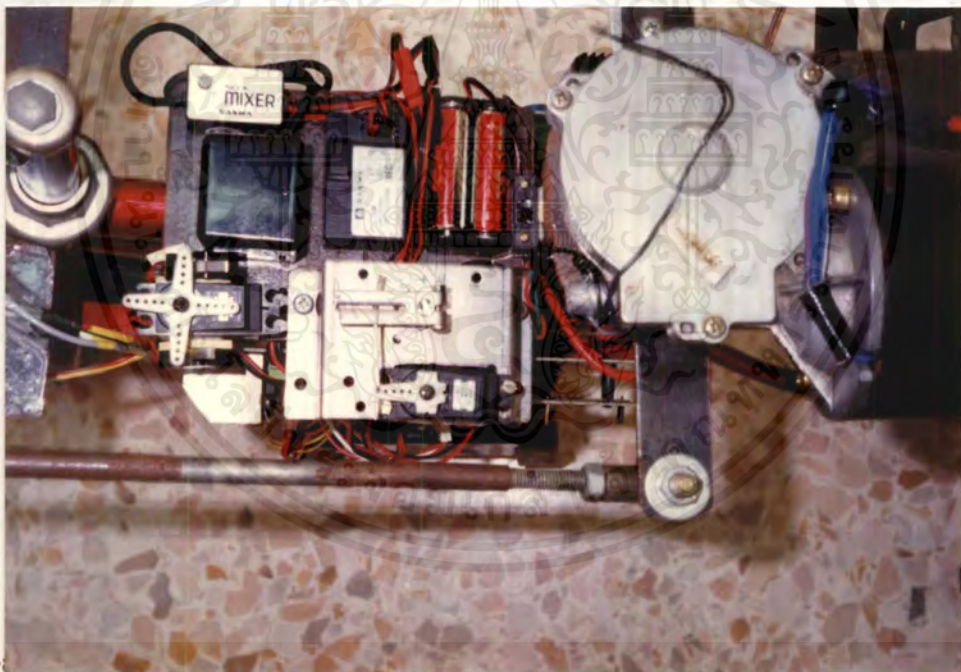
- **ดีซีเซอร์โวมอเตอร์ (DC. servomotor)**

ในโครงการนี้เราได้เลือกใช้ดีซีเซอร์โวมอเตอร์ที่ได้มาจากมอเตอร์ที่ปิดน้ำฝนของรถยนต์ (TOYOTA) รุ่น TG 159100-953A ซึ่งมีขนาด 12 โวลต์/3 แอมป์ ซึ่งเป็นแบบเส้นแรงแม่เหล็กคงที่ (permanent magnet) ดีซีเซอร์โวมอเตอร์จะทำหน้าที่เป็นตัวบังคับแฮนด์ของรถ

- **เกียร์บล็อก (gearblock)**

ทำหน้าที่ลดความเร็วของเพลามอเตอร์ ด้วยอัตราส่วนที่คงที่ เช่น 1:30 คือ เกียร์บล็อกจะทำหน้าที่ลดความเร็วลงไป 30 เท่า

จากที่กล่าวมาจะเห็นว่าในส่วนของอินพุตที่ป้อนให้แก่โปเทนชิโอมิเตอร์ตัวที่หนึ่งที่ได้จากการหมุนของเซอร์โวมอเตอร์ตัวเล็กที่มากับชุดวิทยุบังคับ ลักษณะการติดตั้งจะเป็น ไปดังรูปที่ 3.8

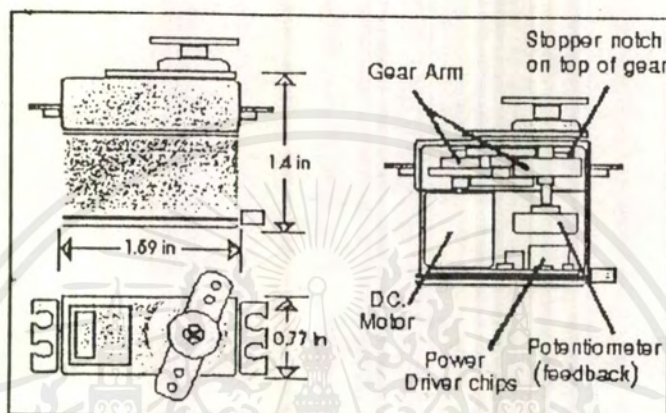


รูปที่ 3.8 แสดงภาพถ่ายการติดตั้งเซอร์โวเข้ากับโปเทนชิโอมิเตอร์

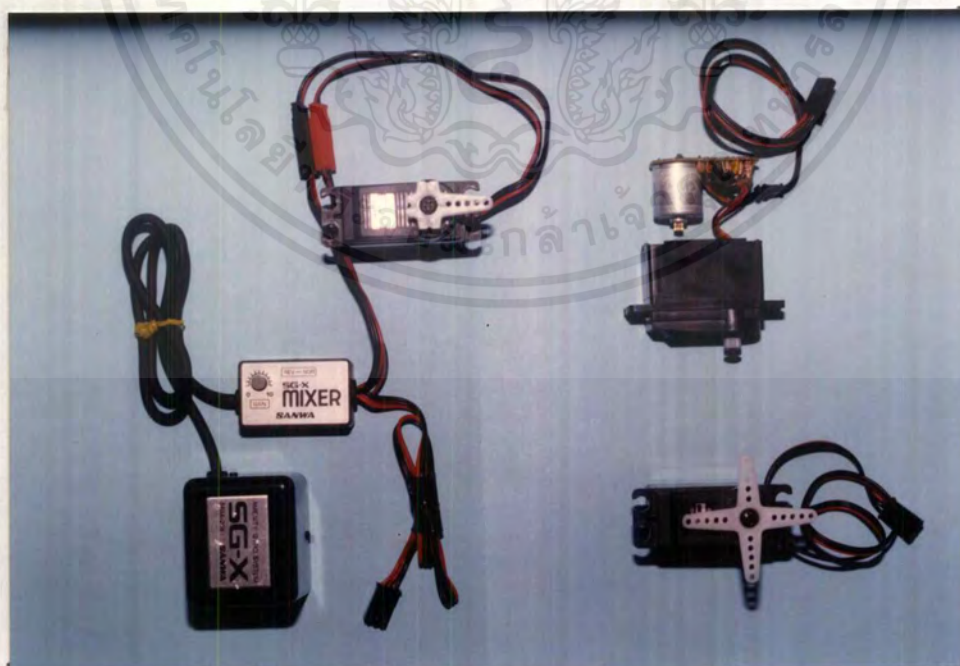
- **ข้อมูลจำเพาะของเซอร์โว (ตัวเล็ก)**

ในโครงการนี้ได้มีการนำเอาเซอร์โวมอเตอร์ที่มากับชุดวิทยุบังคับมาใช้งาน 2 ตัว คือ ตัวแรกใช้ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ขับเคลื่อนเป็นของ SANWA รุ่น SRM 102 ส่วนอีกตัวใช้ในการควบคุมบังคับการเลี้ยวของรถเป็นของ SANWA รุ่น SRM-1323 ซึ่งจะมีอุปกรณ์เซนเซอร์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเอียงที่เรียกว่าไซโรสโคป (จะกล่าวรายละเอียดต่อไป) ติดตามด้วย (ดูรายละเอียดในภาคผนวก) ซึ่งทั้ง 2 รุ่นสามารถรับโหลดได้ถึง 3 กิโลกรัม ส่วนประกอบที่สำคัญต่างๆภายในเซอร์โวประกอบ ด้วย ดีซีมอเตอร์(DC. motor) , เฟือง (gear) และส่วนควบคุมการเปลี่ยนแปลงค่ามุมของเซอร์โวที่ เรียกว่าพัลส์วidthมอดูเลเตอร์ (Pulse Width Modulator : PWM)



รูปที่ 3.9 โครงสร้างและส่วนประกอบของเซอร์โว



รูปที่ 3.10 แสดงภาพถ่ายของเซอร์โวมอเตอร์ทั้งสองรุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซอร์โวจะทำงานได้โดยใช้แรงดันไฟฟ้าที่ 4.8 ~ 6.0 โวลต์ และต้องป้อนสัญญาณควบคุมที่เป็นสัญญาณพัลส์โดยอาศัยความกว้างของพัลส์ช่วงบวกโดยที่ค่าต่างกันก็จะทำให้ตำแหน่งมุมที่ต่างกันออกไป โครงสร้างภายในของ เซอร์โวแสดงดังรูปที่ 3.9 และ 3.10 ส่วนค่าของสัญญาณพัลส์ที่ใช้ในการควบคุมตำแหน่งมุนั้นได้กล่าวไว้ในบทที่ 4

3.1.3 อุปกรณ์ตรวจจับความเอียง (tilt sensors)

ในโครงงานหุ่นยนต์จักรยานนี้จะใช้อุปกรณ์เซนเซอร์ที่ใช้ตรวจจับระดับความเอียงของรถซึ่งอุปกรณ์ที่นำมาใช้มี 2 ชนิด ได้แก่

- สวิตปรอท (mercury switch)

ปรอทเป็นตัวนำที่ดีเลิศ ปรอทนี้เป็นโลหะชนิดเดียวที่มีสภาพเป็นของเหลว ณ อุณหภูมิห้องปรอทถูกนำมาสร้างเป็นสวิตอีกชนิดหนึ่งที่เรียกว่า สวิตปรอทดังรูปที่ 3.11 โดยปรอทจะถูกบรรจุอยู่ในหลอดแก้ว และมีหน้าสัมผัสสองหน้าสัมผัส เมื่อโลหะปรอทเคลื่อนที่ไปแตะกับหน้าสัมผัสทั้งสอง ทำให้ความต้านทานลดต่ำลงจนเป็นสวิตปิดวงจร ในหลอดแก้วจะบรรจุก๊าซเฉื่อย (ก๊าซไนโตรเจน) เอาไว้ เพื่อป้องกันการเกิดออกไซด์และประกายไฟที่หน้าสัมผัสของสวิต



รูปที่ 3.11 แสดงภาพถ่ายของสวิตปรอท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

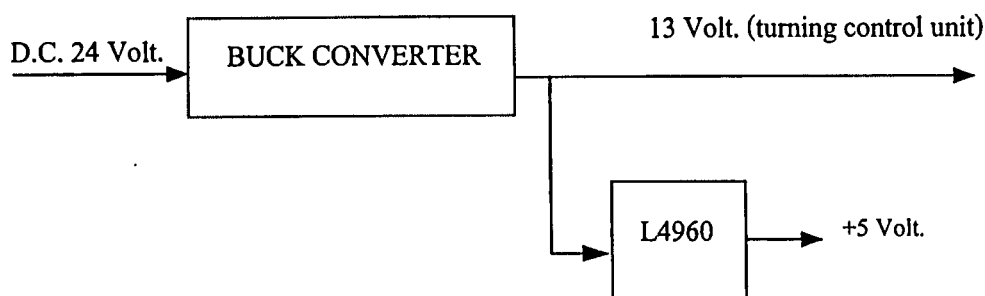
การนำสวิตปรอทมาตรวจจับระดับความเอียงนี้จะทำการติดตั้งไว้ที่ด้านหน้าของรถโดยวางให้ทำมุม 8° , 13° , -8° , และ -13° กับแนวระดับดังรูปที่ 3.11 โดยจะต่อแรงดัน +5 โวลต์ เข้าที่ขั้วด้านหนึ่ง ส่วนอีกด้านที่เหลือจะป้อนกราวด์ มีผลทำให้ในสภาวะที่รถอยู่ในแนวระดับปรอทจะต่อเข้ากับขั้วด้านโคนของกระเปาะของสวิตปรอททั้ง 4 ตัวทำให้สัญญาณที่ออกจากสวิตปรอททุกตัวมีค่าเป็นลอจิก “0” (ศูนย์โวลต์) ส่วนในสภาวะที่มีการเอียงของรถในระดับใดระดับหนึ่ง ช่างใดช่างหนึ่งจนมีผลให้สวิตปรอทไหลไปต่อให้กับขั้วด้านปลายของสวิตปรอทตัวใดก็ตามจะมีผลทำให้สัญญาณที่ออกจากสวิตปรอทตัวนั้นเป็นลอจิก “1” (+5 โวลต์) สัญญาณดิจิตอลเหล่านี้จะเป็นอินพุตให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะนำไปเช็คค่าเข้ากฎกรณีใดแล้วส่งสัญญาณเอาท์พุทที่เป็นพัลส์ออกไปควบคุมเซอร์โว (ตัวเล็ก) ให้ทำงานต่อไป

● ไจโรสโคป (gyroscope)

ไจโรสโคป เป็นอุปกรณ์ที่เรานำมาใช้ในการตรวจจับความเอียง ซึ่งเป็นรุ่น SRM-206 SG-X ของ SANWA โดยที่มันจะทำงานร่วมกับเซอร์โวมอเตอร์รุ่น SRM-1323 ซึ่งประกอบอยู่ในชุดเดียวกันดังรูปที่ 3.10 (ดูรายละเอียดการติดตั้งที่ภาคผนวก) กล่าวคือ เมื่อไจโรสโคปตรวจจับได้ว่ารถมีระดับการเอียง มันก็จะส่งสัญญาณออกไปให้เซอร์โวมอเตอร์ไปในตำแหน่งมุมค่าหนึ่ง จะเห็นว่าเราไม่ต้องควบคุมการทำงานของไจโรสโคปเลย เพราะว่ามันจะทำงานโดยสั่งการให้เซอร์โวมอเตอร์ทำงานเองโดยมีตัวมิกเซอร์ (mixer) และตัวปรับเกน (gain adjustment) เป็นตัวช่วยให้ไจโรสโคปทำงานร่วมกับสัญญาณพัลส์ควบคุมที่สร้างออกมาจากชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งหากปรับค่าเกนของมิกเซอร์มากไจโรสโคปก็จะมีควมไวต่ออัตราการเปลี่ยนแปลง (rate of change) ของระดับความเอียงได้มากขึ้น และเนื่องจากการที่ไจโรสโคปจะทำงานเองโดยอัตโนมัตินี้เองทำให้เราไม่ต้องศึกษาถึงการทำงานในระดับลึก

3.1.4 สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายสำหรับหุ่นยนต์จักรยาน

เนื่องจากแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าของหุ่นยนต์จักรยานเป็นไฟฟ้ากระแสตรงหรือ Direct Current (D.C.) มีขนาด 24 โวลต์ ที่ได้จากแบตเตอรี่แห่งขนาด 12 โวลต์ 2 ลูกต่ออนุกรมกัน แต่วงจรใช้ในการควบคุมรถนั้น มีหลายวงจรซึ่งแต่ละวงจรต้องการขนาดของแรงดันต่าง ๆ ดังนั้นเราจะใช้สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย (switching power supply) ในการแปลงไฟจากกระแสตรง 24 โวลต์ ไปยังค่าต่าง ๆ ดังรูปที่ 3.12



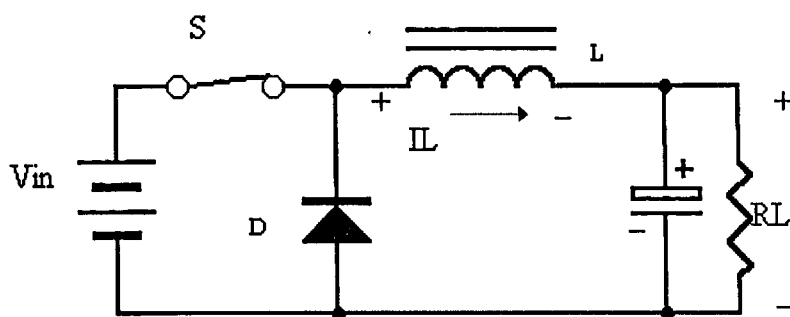
รูปที่ 3.12 บล็อกโคะแกรมของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายสำหรับหุ่นยนต์จักรยาน

จากรูป buck converter นอกจากจะสร้างแรงดัน 13 โวลต์ เพื่อจ่ายให้กับชุดควบคุมการเคลื่อนที่แล้วยังจะเป็นชุดหลักในการจ่ายไฟให้กับ switching power supply ที่ใช้ไอซีสำเร็จรูปเบอร์ L4960 ซึ่งทำหน้าที่สร้างแรงดันขนาด 5 โวลต์ (1 แอมป์) เพื่อจ่ายให้ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์กับสวิตปรอท

- Buck converter

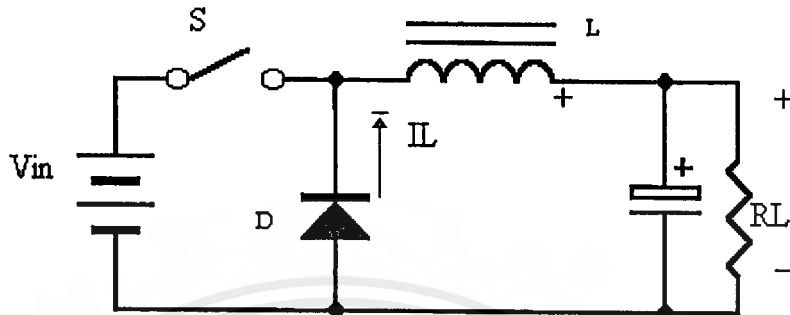
ในระบบการจ่ายกำลังจากแบตเตอรี่ส่วนใหญ่แล้วจะใช้ buck converter ซึ่งเป็นแบบที่สามารถนำแบตเตอรี่หลาย ๆ ชุดมาต่อกัน โดยแรงดันของแบตเตอรี่จะสูงกว่าแรงดันที่เอาท์พุทในทางทฤษฎีแล้วการที่จะทำให้ buck converter มีประสิทธิภาพสูงสุดจะต้องทำให้แรงดันอินพุทมีค่าต่ำ ๆ ซึ่งในทางปฏิบัติทำได้โดยการใช้แบตเตอรี่เพียงสองถึงสามเซลล์ต่ออนุกรมกัน หรือใช้เท่าที่จำเป็นเท่านั้น

buck converter สำหรับหุ่นยนต์จักรยานนี้จะเป็นวงจรหลักในการแปลงแรงดันลงมาใช้งานกับอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยวงจรพื้นฐานของ buck converter แสดงดังรูปที่ 3.13



(ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



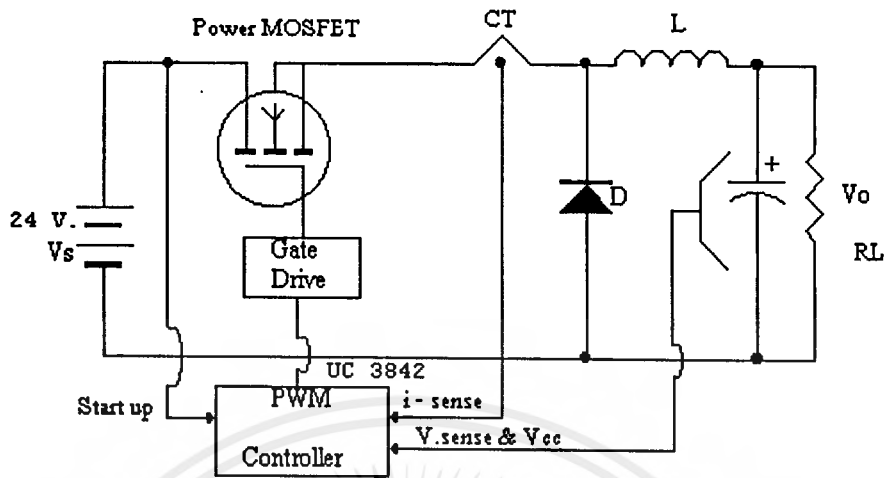
รูปที่ 3.13 วงจรพื้นฐานของ buck converter

การทำงาน

เมื่อสวิตช์ปิดกระแสจะไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำไปสู่โหลดทำให้มีแรงดันคร่อมโหลด และมีขั้วเหมือนกับอินพุตตามรูปที่ 3.13 ก. โดยไดโอดจะถูกไบแอสกลับ (reverse bias) และเมื่อสวิตช์เปิดสนามแม่เหล็กที่ตัวเหนี่ยวนำจะขยุบตัวคายพลังงานออกมาในรูปกระแสและมีขั้วแรงดันกลับจากครั้งแรกดังในรูป 3.13 ข. ทำให้ไดโอดได้รับไบแอสตรง (forward bias) นำกระแสไหลผ่านตัวเก็บประจุและโหลดแรงดันที่ตกคร่อมโหลดจะยังมีขั้วเหมือนเดิมโดยไดโอดในวงจร buck converter นี้เราจะเรียกว่า free-wheeling diode หรือ fly wheel diode เพราะการทำงานดังกล่าวกระแสเอาท์พุทที่ได้จะต่อเนื่องถึงแม้ขณะที่กระแสที่อินพุทจะมีลักษณะเป็นพัลส์ (pulse)

จะเห็นได้ว่าในช่วงที่สวิตช์ปิด แรงดันที่ตกคร่อมสวิตช์จะมีค่าน้อยกว่าแรงดันอินพุทอยู่มาก ดังนั้นถ้าแรงดันอินพุทมีค่าต่ำเท่าใด ก็จะทำให้สามารถลดพลังงานที่สูญเสียไปเนื่องจากการสวิตช์ (switched) และลดกระแสอินพุทได้มากเท่านั้น

แต่ในวงจรใช้งานจริงจะมีภาคสวิตช์ซิ่ง (switching) ซึ่งมีวงจรควบคุมการสวิตช์ (switched) เป็นการควบคุมแรงดันเอาท์พุทด้วยการควบคุมเวลาของการนำกระแส (Ton) ของ power MOSFET ดังนั้นวงจรควบคุมการทำงานของคอนเวอร์เตอร์โดยทั่วไปจึงนิยมใช้เทคนิคพัลส์วิดธ์มอดูเลชัน (Pulse Width Modulation : PWM) เป็นหลัก ซึ่งการใช้ PWM เพื่อควบคุมช่วงเวลาการนำกระแสของเพาเวอร์มอสเฟต (power MOSFET) ใน converter นั้นสามารถควบคุมได้สองลักษณะการทำงานของวงจรควบคุมคือ ในโหมดควบคุมจากแรงดันและโหมดควบคุมจากกระแสดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 บล็อกไดอะแกรมของ buck converter ที่ใช้การควบคุมความกว้างของพัลส์

โดยวงจรนี้จะใช้ไฟเลี้ยง ($V_{cc} = 13$ โวลต์) จากเอาต์พุตของวงจร buck converter แต่ในช่วงเริ่มต้นจะยังไม่มีไฟเลี้ยงนี้เราจึงใช้เทคนิคการ start up โดยการนำไฟเลี้ยงจาก 24 โวลต์ จากอินพุตของ buck converter ก่อน หลังจากนั้นจะใช้ไฟเลี้ยงจากเอาต์พุตของวงจร buck converter ตลอดไป

ในการนำมาใช้งานในที่นี้ จะใช้การควบคุมในโหมดของกระแส โดยจะใช้ไอซีเบอร์ UC3842

การใช้งานไอซีเบอร์ UC 3842 สำหรับโหมดควบคุมกระแส

ไอซีเบอร์ UC 3842 ใช้ควบคุมการทำงานของคอนเวอร์เตอร์โดยทำงานในโหมดควบคุมจากกระแสเอาต์พุตของไอซีสามารถจ่ายและรับกระแสได้สูงจึงสามารถใช้ขับเพาเวอร์มอสเฟตได้โดยตรง

การทำงานของไอซีจะเริ่มจากแรงดันที่ตกคร่อม R_s จะป้อนเข้ามาที่ขา 3 ของไอซีเพื่อควบคุมกระแสที่ไหลผ่านขดลวดเหนี่ยวนำของคอนเวอร์เตอร์โดยแรงดันจากขา 3 นี้ จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับเอาต์พุตของ error amp ที่อยู่ภายในไอซีซึ่งอินพุตของ error amp นี้จะได้จากแรงดันเอาต์พุตที่ป้อนกลับมา (voltage feedback) เข้าที่ขา 2 และแรงดันเปรียบเทียบ (reference voltage: V_{ref}) ที่ขา 8

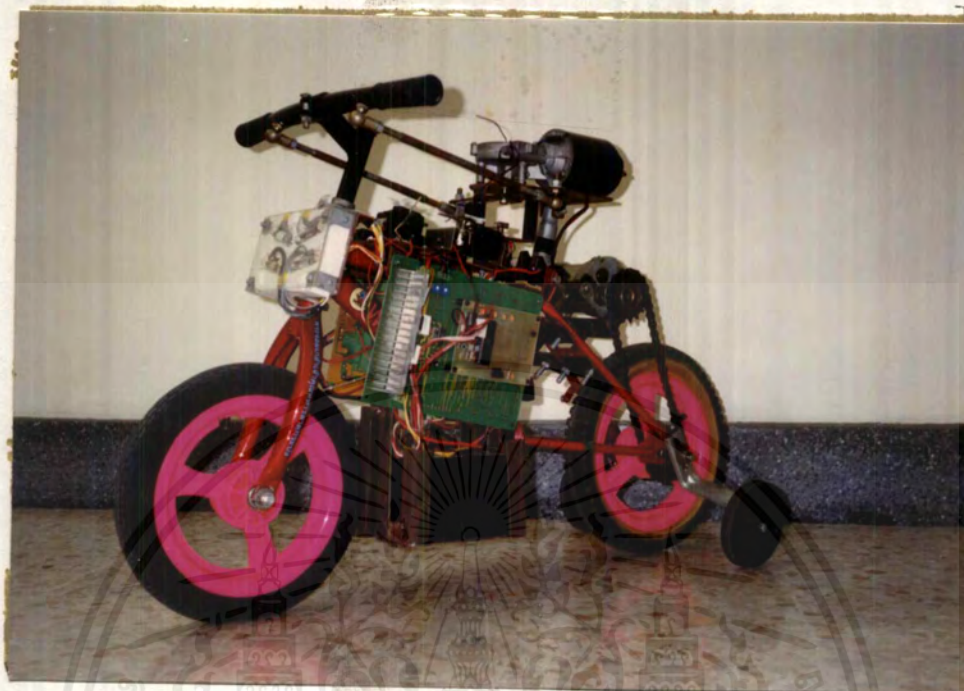
ถ้าค่าของแรงดันเปรียบเทียบ (V_{ref}) ที่ขา 8 มีค่ามากกว่าแรงดันเอาต์พุตของ error amp จะทำให้เพาเวอร์มอสเฟตหยุดนำกระแสในทางกลับกันถ้าแรงดันอินพุตของ converter ลดลงจะทำให้ V_{ref} ที่ขา 8 จะเพิ่มขึ้นซึ่งจะทำให้เพาเวอร์มอสเฟตมีช่วงเวลานำกระแสมากขึ้น

- วงจรสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายที่ใช้ไอซีเบอร์ L4960

สำหรับวงจรชุดนี้จะมีการทำงานเหมือนกับ buck converter แต่ใช้ไอซีสำเร็จรูปโดยเพิ่มอุปกรณ์ภายนอกเข้าไปเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งให้เอาต์พุตขนาด 5 โวลต์ (1 แอมป์) เพื่อจ่ายให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ และสวิตปรอท

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้น ส่วนประกอบของหุ่นยนต์จักยานทั้งหมดจะติดตั้งอยู่ในตำแหน่งต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 3.15





รูปที่ 3.15 ภาพถ่ายแสดงส่วนประกอบทั้งหมดของหุ่นยนต์จักรยาน

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลองของโครงการ

ในการทดลองการทำงานของโครงการเราได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วนคือ การทดลองในส่วนของฮาร์ดแวร์ และการทดลองในส่วนของซอฟต์แวร์

4.1 การทดลองส่วนของฮาร์ดแวร์ (hardware)

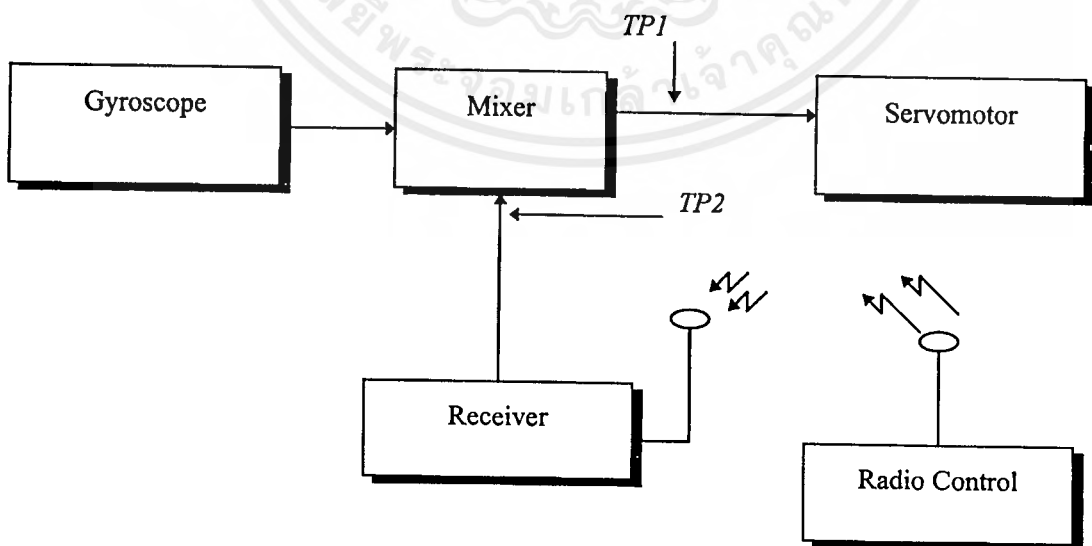
4.1.1 ไจโรสโคป (gyroscope)

- การทดลองการทำงานของไจโรสโคป
- การทดลองการทำงานของไจโรสโคปร่วมกับการควบคุมจากวิทยุบังคับ

วัตถุประสงค์ - ศึกษาการทำงานในการตรวจวัดระดับความเอียงของไจโรสโคป
- วัตถุประสงค์การควบคุมจากวิทยุบังคับ เพื่อที่จะนำค่าสัญญาณดังกล่าวไปสร้างด้วยซอฟต์แวร์

การทดลอง

1. ต่ออุปกรณ์ต่างๆ ดังรูปที่ 4.1



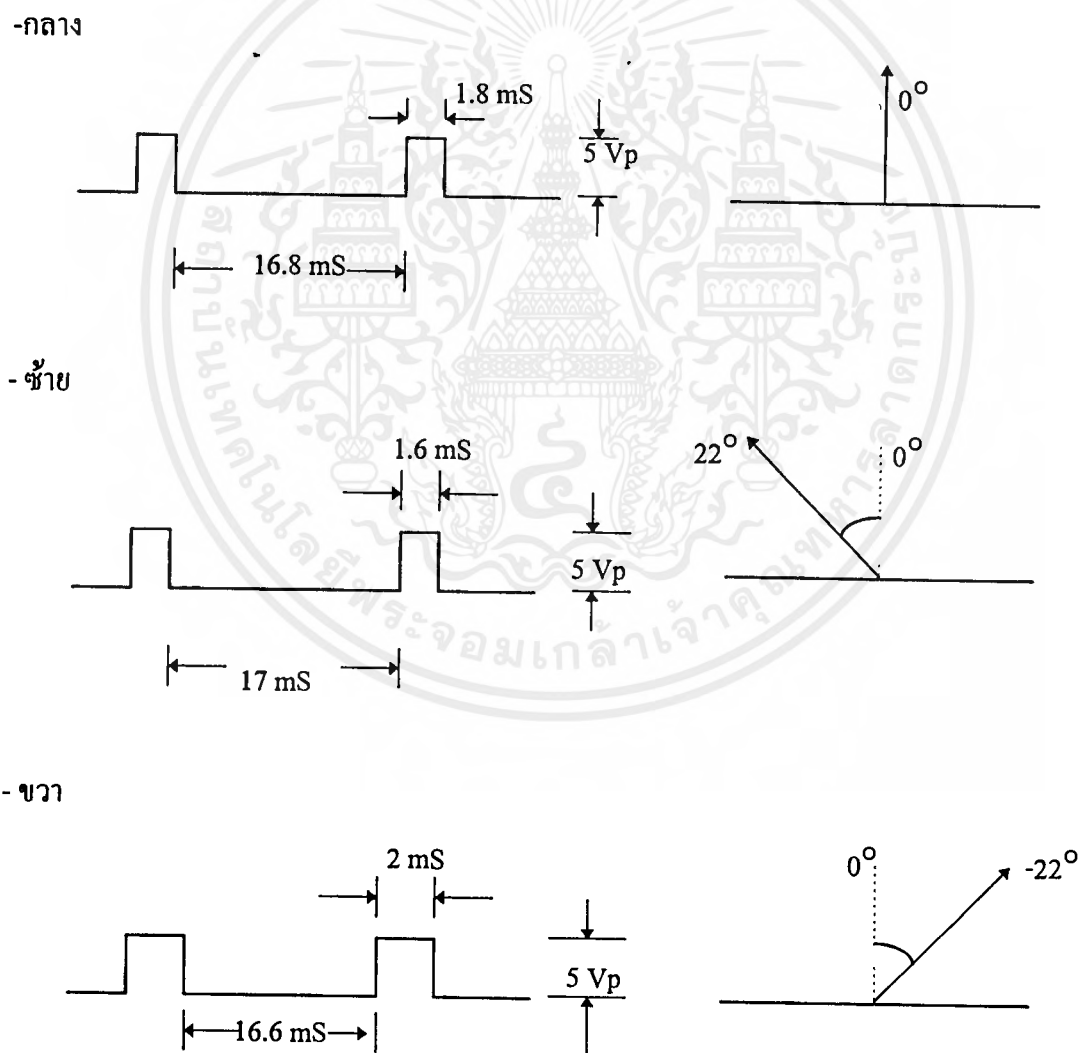
รูปที่ 4.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมการต่ออุปกรณ์การทดลองไจโรสโคป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วางใจโรสโคปให้อยู่ในระนาบศูนย์องศา
3. บังคับการเลี้ยวซ้าย, ขวา และกลาง จากการควบคุมด้วยวิทยุบังคับ แล้วบันทึกสัญญาณที่วัดได้
4. ทำการเอียงใจโรสโคปในระดับองศาที่ต่างกันออกไปแล้วสังเกตสัญญาณที่ได้ว่ามีลักษณะเช่นเดียวกับการควบคุมด้วยวิทยุบังคับหรือไม่

บันทึกผลการทดลอง

1. สัญญาณที่วัดได้จากการควบคุมด้วยวิทยุบังคับ เมื่อวางใจโรสโคปอยู่ในระนาบศูนย์องศา (วัดที่จุด TP1)



รูปที่ 4.2 แสดงพัลส์จากการควบคุมด้วยวิทยุบังคับเมื่อวางใจโรสโคปให้อยู่ในระนาบศูนย์องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สัญญาณที่ได้จากการเอียงใจโรสโคปนั้นจะมีลักษณะเช่นเดียวกับการควบคุมด้วยวิทยุบังคับ (ผลที่ได้จากการสังเกตเนื่องจากใจโรสโคปทำงานเร็วมาก) และเซอร์โวมอเตอร์ก็ทำงานในลักษณะเช่นเดียวกับการควบคุมจากวิทยุบังคับ
3. จากการทดลองการทำงานร่วมกันของใจโรสโคปและการควบคุมด้วยวิทยุบังคับในเวลาเดียวกันนั้น เราจะได้สัญญาณที่มีความกว้างของ T_{on} และ T_{off} มากน้อยต่างกันออกไปตามแต่ละองศาการเอียงของใจโรสโคปและการควบคุมจากวิทยุบังคับ

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองการทำงานของใจโรสโคปจะพบว่าใจโรสโคปจะทำงานและควบคุมเซอร์โวมอเตอร์เองโดยอัตโนมัติ และเมื่อวางใจโรสโคปให้อยู่ในระนาบศูนย์กลาง แล้วทำการควบคุมด้วยวิทยุบังคับเราจะได้สัญญาณพัลส์ดังผลการทดลองในรูปที่ 4.2

และจากตำแหน่งกลางเมื่อเราควบคุมให้เซอร์โวหมุนไปทางซ้ายไปเรื่อยๆ จะพบว่าค่าของสัญญาณพัลส์ช่วงเวลา T_{on} จะลดลงเรื่อยๆ แต่ถ้าควบคุมให้เซอร์โวหมุนไปทางขวา ค่าช่วงเวลา T_{on} ของพัลส์จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ

เราจะนำเอาค่าของสัญญาณพัลส์ที่วัดได้ดังกล่าวเหล่านี้ ไปทำการสร้างขึ้นด้วยซอฟต์แวร์เพื่อใช้เป็น Rule Base Control เพื่อที่จะนำเอาตัวไมโครคอนโทรลเลอร์มาทำหน้าที่แทนวิทยุบังคับในการควบคุมการเลี้ยงตัวของรถต่อไป

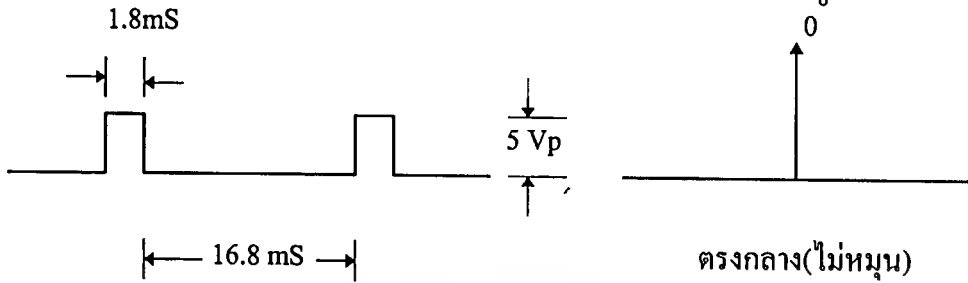
4.1.2 เซอร์โวมอเตอร์ (Servomotor)

- การทดลองวัดหาสัญญาณควบคุมเซอร์โวมอเตอร์จากวิทยุบังคับ

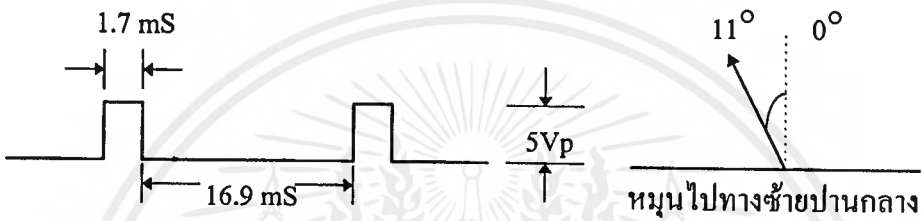
เมื่อเราทำการควบคุมวิทยุบังคับให้เซอร์โวมอเตอร์อยู่ในตำแหน่งกลาง , ซ้าย และขวา เราจะได้ค่าของสัญญาณพัลส์ต่างๆ ดังในการทดลองในรูปที่ 4.2 ซึ่งเป็นการหมุนไปทางซ้าย (22°) , ขวา (-22°) และตำแหน่งกลาง (0°)

แต่เนื่องจากในการนำไปใช้งานร่วมกับอุปกรณ์เซนเซอร์ (สวิตปรอท) ซึ่งเรามีสวิตปรอท 4 ตัวที่จะใช้ในการตรวจจับระดับความเอียงข้างละ 2 ตัว (2 ระดับองศา) ฉะนั้นเราจึงต้องทราบค่าของสัญญาณพัลส์ที่ตำแหน่ง หมุนซ้ายปานกลาง , ซ้ายมาก , ขวาปานกลาง และขวามากด้วย ซึ่งในที่นี้เลือกเอาที่ตำแหน่งมุม 11° (ทางซ้าย) , 22° (ทางซ้าย) , -11° (ทางขวา) และ -22° (ทางขวา) ตามลำดับซึ่งจะได้ค่าของสัญญาณพัลส์ ดังรูปที่ 4.3

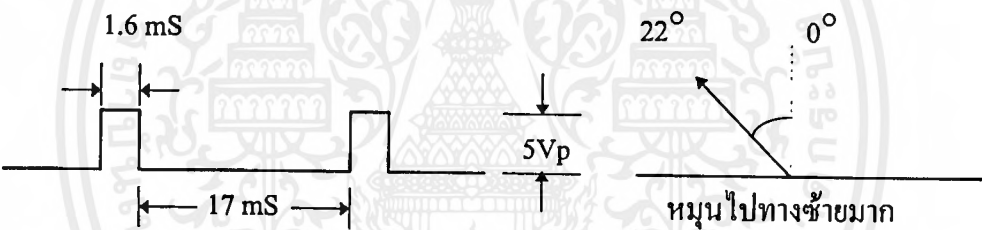
- กลาง



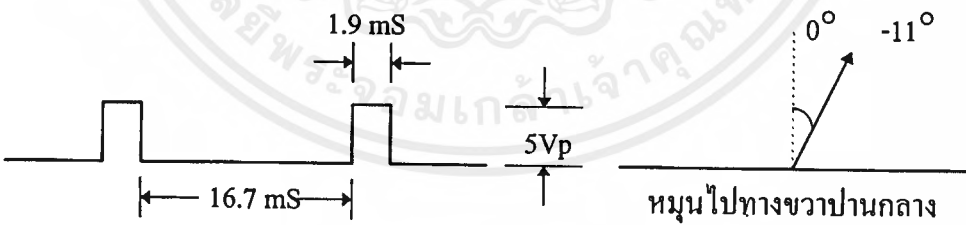
- ช้ายปานกลาง



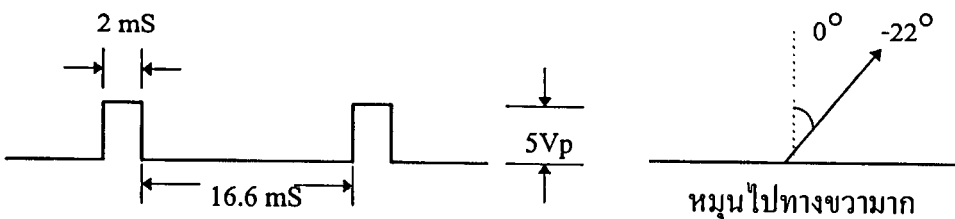
- ช้ายมาก



- ขวาปานกลาง



- ขวามาก



รูปที่ 4.3 แสดงสัญญาณพัลส์เมื่อควบคุมวิทยุบังคับให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปตำแหน่งต่างๆ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การทดลองเซอร์โวมอเตอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์

เราใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (microcontroller) ตระกูล MCS-51 เบอร์ AT89C52 สร้างสัญญาณพัลส์ให้มีค่าเท่ากับสัญญาณที่ได้จากการควบคุมด้วยวิทยุบังคับที่กล่าวมาข้างต้น โดยใช้การหน่วงเวลาตามทฤษฎีในบทที่ 2 แต่จากขั้นตอนการคำนวณหาช่วงเวลาในการหน่วงพบว่า เมื่อนำค่าที่คำนวณได้ (อยู่ในเลขฐานสิบหก) มาสร้างพัลส์จะพบว่าค่าเวลาลดเคลื่อนไปมาก เนื่องจากค่าที่ทำการคำนวณออกมาเพื่อที่จะกำหนดให้กับรีจิสเตอร์ (register) ได้แก่ R2, R1 และ R0 นั้น เมื่อมีการคำนวณค่าออกมาเป็นทศนิยมแล้วไม่สามารถที่จะกำหนดค่าให้แก่อรีจิสเตอร์ได้ จะต้องทำการตัดเศษทศนิยมออกเสียก่อน และสาเหตุที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือ ชูคไมโครคอนโทรลเลอร์นี้ทำงานที่ความถี่ 11.0592 MHz เราจึงต้องตัดเศษทศนิยมทิ้งเอาเฉพาะค่าจำนวนเต็มจึงทำให้คาบเวลาของพัลส์ผิดพลาดไปมาก

4.1.3 การทดลองชุดขับเคลื่อนของตัวรถ

ทำการต่อคีมอเตอร์ เข้ากับวงจรเรกกูเลเตอร์ (regulator) ซึ่งใช้ไอซีเบอร์ L200 ซึ่งทนกระแสสูงสุดถึง 2 แอมป์ทำงานโดยสามารถที่ปรับค่าโวลต์เตจเอาท์พุทได้โดยใช้แรงดันอินพุทจากแบตเตอรี่ขนาด 24 โวลต์ จากสเปคซิฟิเคชั่น (specification) ของคีมอเตอร์ซึ่งเป็นแบบที่มีเกียร์บล็อก (gearblock) ติดมาด้วยนั้น มีความเร็ว 78 รอบต่อนาที ที่ 18 โวลต์ เราจึงทำการปรับโวลต์เตจเอาท์พุทให้ได้ค่า 18 โวลต์แล้วทำการทดสอบการหมุนโดยใช้รีเลย์ขนาด 5 แอมป์ 12 โวลต์ เป็นตัวควบคุมการเปิด-ปิดของมอเตอร์ได้ผลการทดลองคือ

1. เมื่อเราป้อนแรงดันขนาด 18 โวลต์ให้มอเตอร์และใช้เฟืองขับที่มีขนาดใหญ่กว่าเฟืองตามมีผลทำให้รถออกตัวไม่ได้
2. เมื่อเราทำการเปลี่ยนเฟืองขับให้มีขนาดใกล้เคียงกับเฟืองตาม และใช้แรงดันขนาด 18 โวลต์ เท่าเดิมทำให้การออกตัวของรถดีขึ้น แต่ไม่น่าพอใจเท่าที่ควร
3. ทำการปรับแรงดันที่จ่ายให้กับมอเตอร์ขับเคลื่อนเป็นขนาด 22 โวลต์ และใช้เฟืองขับขนาดใกล้เคียงกับเฟืองตาม ผลปรากฏว่าการออกตัวของรถเป็นที่น่าพอใจในระดับหนึ่ง กล่าวคือรถสามารถออกตัวได้ แต่ความเร็วที่รถวิ่งเมื่อออกตัวไปแล้วนั้นจะยังช้าอยู่

4.2 การทดลองส่วนของซอฟต์แวร์

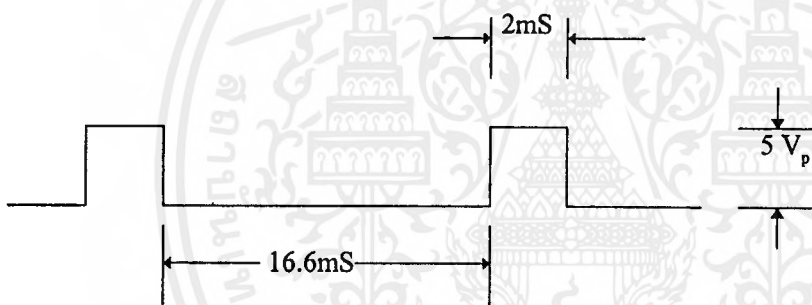
4.2.1 การทดลองเขียนโปรแกรมสร้างสัญญาณพัลส์เพื่อนำไปควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

Software ที่ใช้เป็นภาษา Assembly อาศัยการหน่วงเวลาเพื่อสร้างพัลส์แล้วส่งออกที่พอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ตามที่กำหนด เพื่อไปควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ให้ทำการเลี้ยงการทรงตัวของรถต่อไป

- ขั้นตอนการคำนวณหาช่วงเวลากาหนด

ในที่นี้จะยกตัวอย่างเฉพาะพัลส์ควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์ให้เลี้ยวขวาเท่านั้นส่วนกรณีอื่น ๆ ก็มีขั้นตอนเช่นเดียวกันนี้

ตัวอย่าง การเขียนโปรแกรมสร้างพัลส์โดยอาศัยการหน่วงเวลา ดังรูป



จากรูปพัลส์เราจะได้

$$T_{on} = 2mS = 2000\mu S$$

ถ้าไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานที่ความถี่ 11.059 MHz เราจะได้

$$1.085(2000\mu S) = 2170\mu S$$

เราใช้การหน่วงเวลาแบบ 3 รูปจะได้

$$2170 = 1 + R2[1 + R1(1 + 2R0 + 2) + 2] + 2$$

$$2167 = R2[1 + R1(1 + 2R0 + 2) + 2]$$

เนื่องจากมี 1 สมการแต่มีตัวไม่ทราบค่า 3 ตัว เราจึงต้องกำหนดค่าให้ตัวไม่ทราบค่า 2 ตัว

$$\text{กำหนด } R2 = 5$$

$$433.4 = 3 + R1[3 + 2R0]$$

$$430.4 = R1[3 + 2R0]$$

$$\text{กำหนด } R1 = 8$$

$$53.8 = 3 + 2R0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$50.8 = 2R0$$

$$\therefore R0 = 25.4$$

$$\text{เราจะได้ค่า } R2 = (5)_{10} = 05H$$

$$R1 = (8)_{10} = 08H$$

$$R0 = (25)_{10} = 19H$$

จากพัลซ์เราจะได้

$$T_{off} = 16.6mS = 16600\mu S$$

$$1.085(16600\mu S) = 18011\mu S$$

$$18011 = 1 + R2[1 + R1(1 + 2R0 + 2) + 2] + 2$$

$$18008 = R2[1 + R1(1 + 2R0 + 2) + 2]$$

กำหนด $R2 = 40$ จะได้

$$450.2 = 3 + R1[3 + 2R0]$$

$$447.2 = R1[3 + 2R0]$$

กำหนด $R1 = 8$ จะได้

$$55.9 = 3 + 2R0$$

$$52.9 = 2R0$$

$$\therefore R0 = 26.45$$

$$\text{เราจะได้ค่า } R2 = (40)_{10} = 28H$$

$$R1 = (8)_{10} = 08H$$

$$R0 = (26)_{10} = 1AH$$

นำค่า $R2$, $R1$, $R0$ ของ T_{on} และ $R2$, $R1$ และ $R0$ ของ T_{off} มาเขียนโปรแกรมหน่วงเวลาสำหรับสร้างพัลซ์เพื่อควบคุมการเลี้ยวซ้ายได้เป็น

```
ORG 0000H
```

```
SETB P1.0
```

```
T_ON: MOV R2, #05H
```

```
L3 : MOV R1, #08H
```

```
L2 : MOV R0, #19H
```

```
L1 : DJNZ R0, L1
```

```
DJNZ R1, L2
```

```
DJNZ R2, L3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

SJMP T_OFF
T_OFF: CLR P1.0
      MOV R2,#28H
L6  : MOV R1,#08H
L5  : MOV R0,1AH
L4  : DJNZ R0,L4
      DJNZ R1,L5
      DJNZ R2,L6
      SJMP T_ON
      END

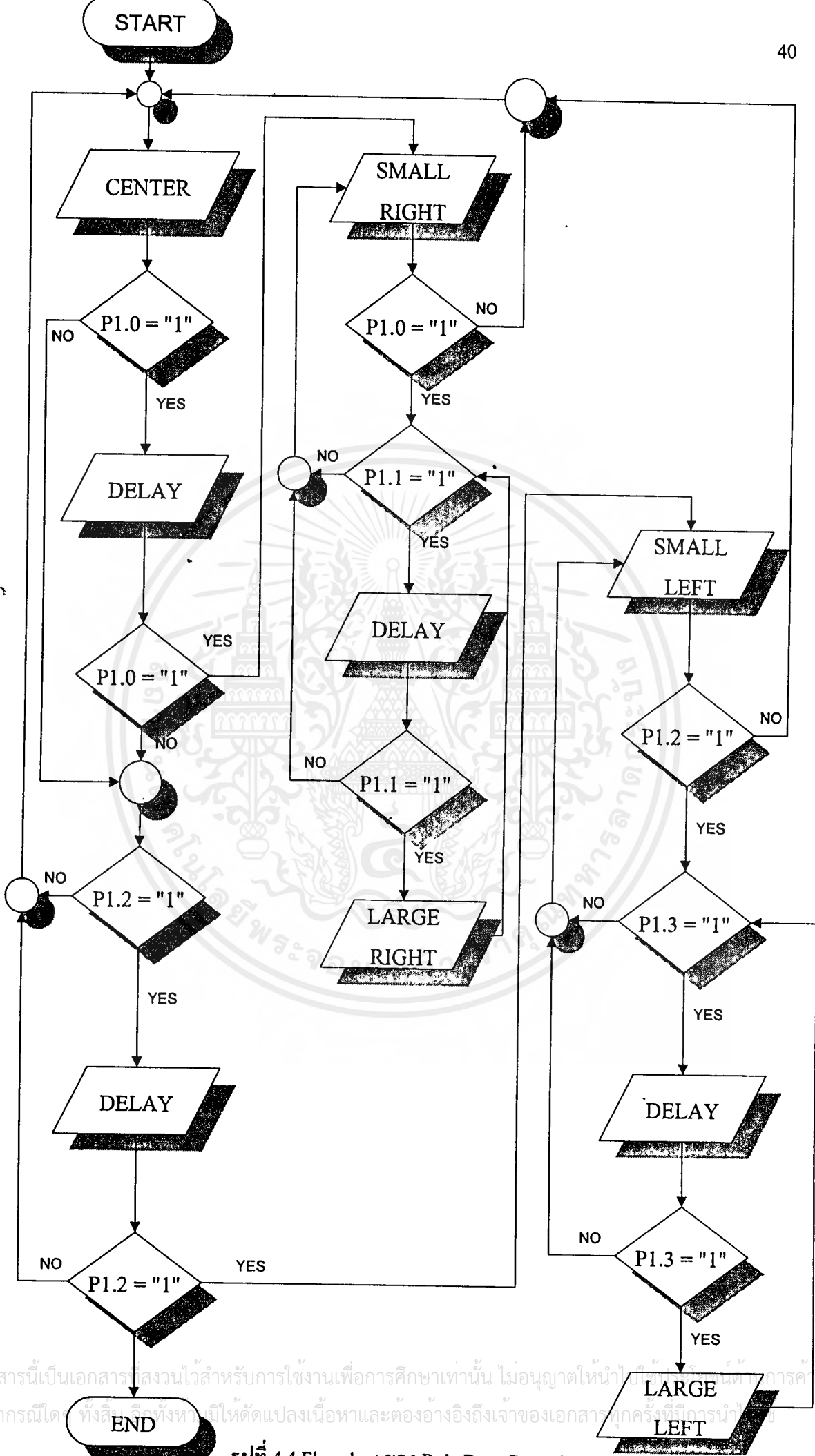
```

4.2.2 การเขียน Rule Base Control เพื่อควบคุมการเลี้ยงตัวของรถ

จากวงจรในส่วนที่เป็นอินพุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เป็นสวิตช์ปรอท 4 ตัว โดยตรวจับการเอียงข้างละ 2 ตัว แบ่งออกเป็นข้างละ 2 ระดับ โดยที่ไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับอินพุตจากสวิตช์ปรอทเข้ามาทางพอร์ต 1 ตามตำแหน่งบิตต่าง ๆ ดังนี้

- พอร์ต 1.3 ใช้ตรวจับการเอียงขวา (เป็น "1" เมื่อรถเอียงขวา)
Rule Base ที่ 1 "ถ้ารถเอียงขวา จะสร้างพัลส์เพื่อให้รถเลี้ยวขวา"
- พอร์ต 1.2 ใช้ตรวจับการเอียงขวาปานกลาง (เป็น "1" เมื่อรถเอียงขวาปานกลาง)
Rule Base ที่ 2 "ถ้ารถเอียงขวาปานกลาง จะสร้างพัลส์เพื่อให้รถเลี้ยวขวาปานกลาง"
- พอร์ต 1.1 ใช้ตรวจับการเอียงซ้ายมาก (เป็น "1" เมื่อรถเอียงซ้ายมาก)
Rule Base ที่ 3 "ถ้ารถเอียงซ้ายมาก จะสร้างพัลส์เพื่อให้รถเลี้ยวซ้ายมาก"
- พอร์ต 1.0 ใช้ตรวจับการเอียงซ้ายปานกลาง (เป็น "1" เมื่อรถเอียงซ้ายปานกลาง)
Rule Base ที่ 4 "ถ้ารถเอียงซ้ายปานกลาง จะสร้างพัลส์เพื่อให้รถเลี้ยวซ้ายปานกลาง"

การทำงานของโปรแกรมจะเป็นไปตามขั้นตอนตามโฟลว์ชาร์ต (Flow Chart) Rule Base Control ดังรูปที่ 4.4



เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้หรือเผยแพร่เพื่อการค้า
ไม่ว่ากรณีใด (ทั้งลิขสิทธิ์ทั้งหมดยังให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีคุณลิขิต)

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะในการพัฒนาโครงการ

5.1 สรุปผลการทำงานของโครงการ

จากการที่ได้ทำโครงการมาจนถึงขั้นนี้ พอที่จะสรุปการทำงานของโครงการได้ดังนี้ คือ จากการทดลองการควบคุมรถจักรยานโดยที่ให้อัตราเร็วออกไป โดยเราจะปรับให้ลูกล้อเล็กที่ใส่ประคองไว้กันลื่นอยู่สูงจากพื้นในระดับที่ไม่ให้อัตราเร็วของล้ออย่างรุนแรง ซึ่งอาจจะทำให้เกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์ได้ จะเห็นว่าเราจะต้องคอยประคองให้รถเคลื่อนที่ออกไปได้เสียก่อน ซึ่งจุดนี้นับว่าเป็นปัญหาซึ่งจะได้กล่าวในหัวข้อต่อไป

เมื่อรถพอที่จะมีความเร็วเพิ่มขึ้นเราก็จะปล่อยให้รถวิ่งเอง ซึ่งผลคือรถจะวิ่งไปได้ชั่วระยะหนึ่งก็จะมีลักษณะส่ายไปมาจนวิ่งไม่ค่อยตรงทิศทาง ซึ่งทำให้การทรงตัวของรถจักรยานไม่ดี คือจะล้มได้ถ้าไม่มีล้อประคองช่วย ซึ่งสาเหตุอาจจะเกิดมาจากปัญหาต่างๆ ที่สำคัญดังจะได้กล่าวดังต่อไปนี้

5.2 ปัญหาที่เกิดในโครงการ

ในการทำโครงการนี้ได้ประสบกับปัญหาต่างๆ พอที่จะสรุปได้ดังต่อไปนี้

5.2.1 ปัญหาเรื่องความเร็วของมอเตอร์ขับเคลื่อน

ปัญหาเรื่องความเร็วนี้ นับว่าสำคัญมาก เนื่องจากความเร็วนั้นจะช่วยในเรื่องการทรงตัวของรถมาก (นึกสภาพการทอยเหรียญให้วิ่งไป) สาเหตุของการที่ความเร็วของรถช้าก็เนื่องมาจากมอเตอร์ขับเคลื่อนมีความเร็วต่ำเนื่องจากเราใช้ของที่ใช้แล้ว เพราะว่าดีซีมอเตอร์ของใหม่ตามสเปซิฟิเคชัน (Specification) ที่เราต้องการนั้นจะมีราคาสูงกว่ามาก

สาเหตุอีกประการหนึ่งที่ทำให้ความเร็วช้าก็อาจเนื่องมาจาก อัตราการทศเฟืองขับและเฟืองตามมีขนาดไม่เหมาะสมกัน เนื่องจากเราไม่ได้มีการคำนวณจำนวนฟันของเฟืองที่นำมาใช้ ซึ่งในที่นี้เราใช้เฟืองของรถจักรยานเล็กขนาด 16 ฟัน (เฟืองขับ) และ 18 ฟัน (เฟืองตาม)

แนวทางในการแก้ไข

- อาจจะต้องหามอเตอร์ขับเคลื่อนตัวใหม่ที่มีความเร็วที่เหมาะสมมาใช้แทน
- หาขนาดของเฟืองที่เหมาะสมกับความเร็วของมอเตอร์ขับเคลื่อน

5.2.1 ปัญหาของชุดควบคุมการเลียว

ชุดควบคุมการเลียวเป็นส่วนที่สำคัญอีกส่วนหนึ่งที่จะทำให้รถจักรยานสามารถที่จะทรงตัวอยู่ได้ ปัญหาในส่วนนี้ก็คือ

- เซอร์โวมอเตอร์เป็นมอเตอร์ที่มีเกียร์บล็อก ซึ่งการที่มีเกียร์บล็อกนี้จะเป็นอุปสรรคอย่างมากสำหรับการควบคุมแรงบิด กล่าวคือจะมีช่วงการหน่วงเวลาเมื่อหมุนกลับไปกลับมา อีกทั้งแรงบิดและความเร็วในขณะที่หมุนไปและหมุนกลับมานั้นจะไม่เท่ากัน มีแรงเสียดทานสถิตย์มากและไม่คงที่
- โปเทนชิโอมิเตอร์ที่เราใช้เป็นแบบขดลวดพันซึ่งค่าที่วัดได้ในขณะที่รถมีการสั่นนั้นจะไม่เที่ยงตรงกับความเป็นจริงมากนัก อีกทั้งในการวัดค่าทางปฏิบัตินั้นจะไม่สามารถวัดค่ามุมได้นานหรือพูดง่ายๆ ก็คือ วัดค่าแล้วเปลี่ยนไปทันทีที่ไม่มีการค้างค่าไว้ระยะหนึ่งก่อน

แนวทางในการแก้ไข

- อาจจะเปลี่ยนมาใช้โปเทนชิโอมิเตอร์แบบอื่นที่มีค่าความผิดพลาดต่ำๆ เช่น แบบคาร์บอน หรือใช้แบบที่หน้าสัมผัสทำจาก Conductive plastic

5.2.2 ปัญหาเรื่องจุดสมดุลของตัวรถ

กล่าวคือรถจะไม่ได้จุดสมดุลอยู่ที่ตำแหน่งตรงกลางของรถพอดี ซึ่งมีสาเหตุมาจากการติดตั้งอุปกรณ์ส่วนต่างๆ ของรถที่มีพื้นที่ในการติดตั้งจำกัดและบังคับ ทำให้ยากต่อการติดตั้งเพื่อที่จะให้น้ำหนักของรถอยู่ที่จุดสมดุล

แนวทางในการแก้ไข

พยายามปรับเปลี่ยนหรือออกแบบตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ให้ได้จุดสมดุลมากที่สุดเท่าที่จะทำได้

5.2.3 ปัญหาเกี่ยวกับอุปกรณ์เซนเซอร์

- ใจโรสโคป เนื่องจากตัวใจโรสโคปมีความไวต่อการสั่นสะเทือนมาก และตัวมันเองก็จะไปควบคุมการทำงานของเซอร์โวที่ใช้ควบคุมการเลียวอีก ดังนั้นเมื่อเวลาที่รถมีการสั่นใจโรสโคปก็จะทำงานมีผลทำให้แฮนด์ของรถสั่นไปอีก เป็นลักษณะการออสซิลเลท (Oscillate) ภายในตัวมันเองเป็นลูปต่อเนื่องกันไปเรื่อยๆ เช่นนี้จึงมีผลทำให้รถมีอาการสั่นอยู่ตลอดเวลา
- สวิตปรอท ที่มีลักษณะเหลวซึ่งจะไวต่อการสั่นสะเทือนมาก กล่าวคือเมื่อสวิตปรอทเขย่าจะมีช่วงเวลาหนึ่งที่มันจะไปต่อสวิตสลับไปสลับมา มีผลทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สับสนทำตามไม่ทัน ซึ่งบ่อยครั้งมากที่ไมโครคอนโทรลเลอร์เกิดอาการแฮงค์ (Hang) ค้างการทำงานไปเสีย

เฉยๆ ซึ่งอาจจะเป็นผลมาจากสวิตช์ปรอท หรืออีกกรณีหนึ่งอาจเกิดจากการที่ไม่โครคอนโทรลเลอร์ทำงานพร้อมๆ กับที่ใจโรสโคปก็ทำงานด้วยเช่นกัน

แนวทางในการแก้ไข

- อาจจะต้องตั้งใจโรสโคปบนวัสดุที่ลดการสั่นสะเทือนได้ หรือให้ใจโรสโคปทำหน้าที่เป็นตัวเซนเซอร์ให้กับชุดไมโครคอนโทรลเลอร์แต่เพียงอย่างเดียว โดยตัดการทำงานระหว่างตัวมันเองกับเซอร์โวโดยตรง ซึ่งจะทำให้การทำงานของชุดไมโครคอนโทรลเลอร์มีประสิทธิภาพดีขึ้น
- ในการเขียนโปรแกรมควรจะให้มีการหน่วงเวลาในการรับสัญญาณอินพุต แต่ไม่ควรมากเกินไป เนื่องจากจะทำให้เอาต์พุตตอบสนองต่อสภาวะที่แท้จริงไม่ทัน

5.3 ข้อเสนอแนะในการพัฒนา

การจัดทำโครงงานหุ่นยนต์จักรยานขึ้นมานี้เป็นพื้นฐานและเป็นจุดเริ่มต้น ในการศึกษาเกี่ยวกับการควบคุมการเคลื่อนที่และการทรงตัวของวัตถุต่างๆ ที่มีลักษณะคล้ายกับหุ่นยนต์จักรยานนี้ ซึ่งในการพัฒนาโครงงานนี้สามารถที่จะพัฒนาได้หลายส่วน เนื่องจากว่าโครงงานประกอบด้วยส่วนประกอบต่างๆ หลายส่วน อาทิเช่น พัฒนาระบบควบคุมเพื่อให้หุ่นยนต์สามารถทรงตัว และเคลื่อนที่ไปได้เองตลอด โดยสามารถที่จะทนต่อการรบกวนจากสภาพแวดล้อมภายนอกได้ด้วย ยกตัวอย่างเช่นแรงที่มากกระทำทำให้หุ่นยนต์เกิดการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งหรือล้มลง ตลอดจนทำให้สามารถหลบหลีกสิ่งกีดขวางได้ ซึ่งต้องอาศัยการศึกษาถึงลงไปถึงเรื่องการวิเคราะห์เสถียรภาพในการทรงตัวของหุ่นยนต์ และการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อช่วยในการควบคุม และการจำลองระบบให้อยู่ในรูปคณิตศาสตร์ เพื่อใช้ในการคำนวณหาเสถียรภาพต่อไป ซึ่งในกรณีนี้อาจจะใช้การควบคุมแบบฟuzzy logic ที่ไม่ต้องการโมเดลทางคณิตศาสตร์โดยสมบูรณ์

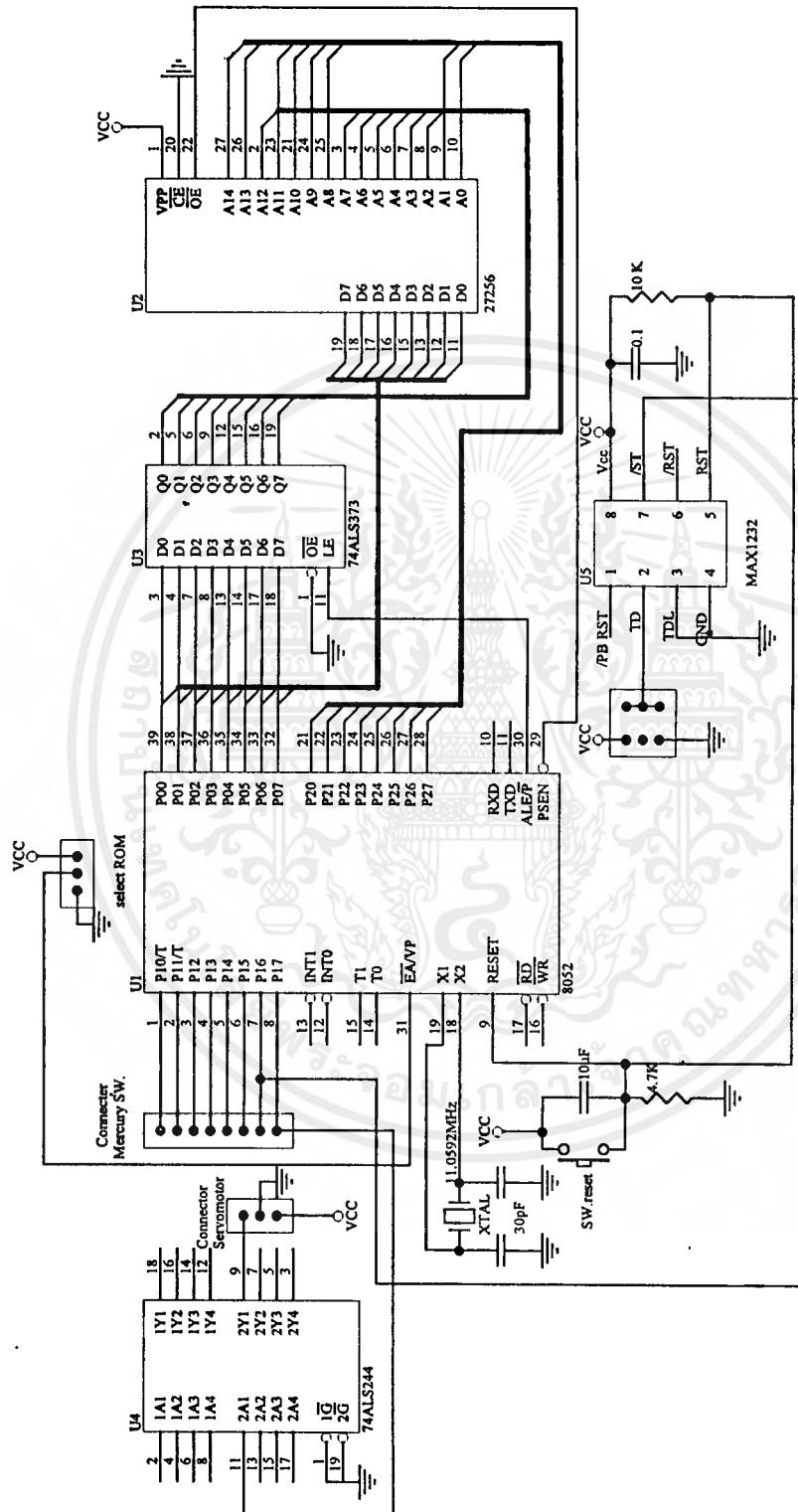
บรรณานุกรม

1. Joseph L.Jones and Anita M. Flynn , *Mobile Robots Inspiration to Implementation* , A K Peters , Welleslay , 1993
2. โยธิน เปรมปราณีรัชต์ , *ระบบเซอร์โวและอิเล็กทรอนิกส์คอนโทรลมอเตอร์* , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , 2533
3. สมยศ จุณณะปิยะ , *การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51* , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , 2541
4. วีระพล โมนชะกุล , *เอกสารประกอบสิ่งประดิษฐ์ "Electric Wheel Chair"* , 2539
5. สุวัฒน์ คั่น , *เทคนิคและการออกแบบสวิตซ์พาวเวอร์ซัพพลาย* , เอนเทลไทย , 2537
6. บุญชัย งามวงศ์วัฒนา , *บทความ "คิซีคอนเวอร์เตอร์จากแบตเตอรี่"* , รวมโครงการอิเล็กทรอนิกส์เครื่องจ่ายไฟ , ซีเอ็ดดูเอชั่น , 2538
7. วุฒไกร จิตรวุฒิโชติ , *แนวโน้มระบบการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าโคมใหม่* , วารสารเคมีคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ , ซีเอ็ดดูเอชั่น , ฉบับที่ 179 , 2541
8. ณรงค์ ย่างสกุล , *ง่ายๆ กับการประยุกต์ใช้ตัวตรวจจับแบบต่างๆ* , วารสารเคมีคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ , ซีเอ็ดดูเอชั่น , ฉบับที่ 143 , 2537



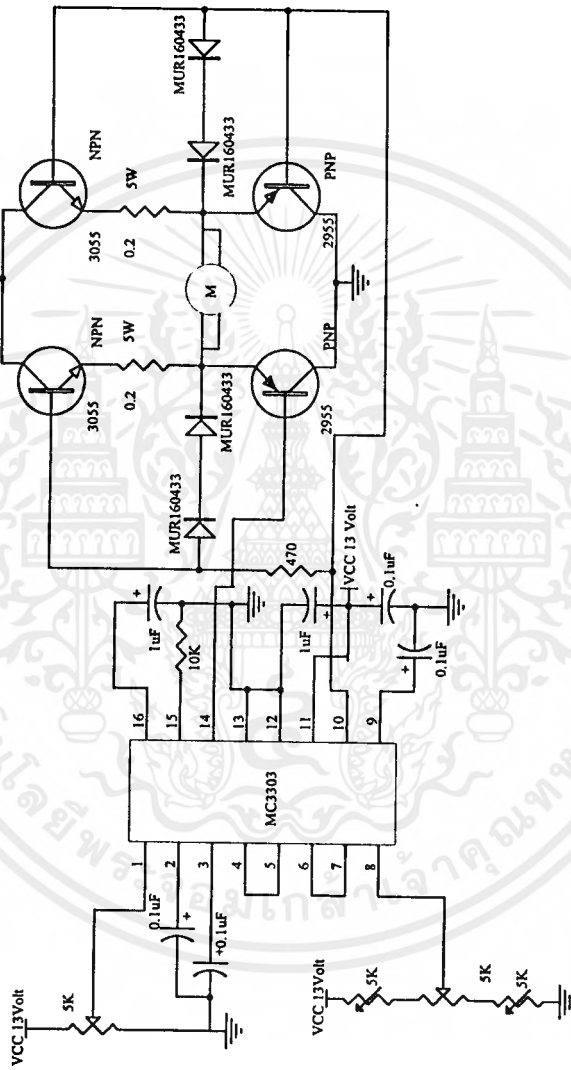
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. รูปวงจรที่ใช้ในโครงการงาน

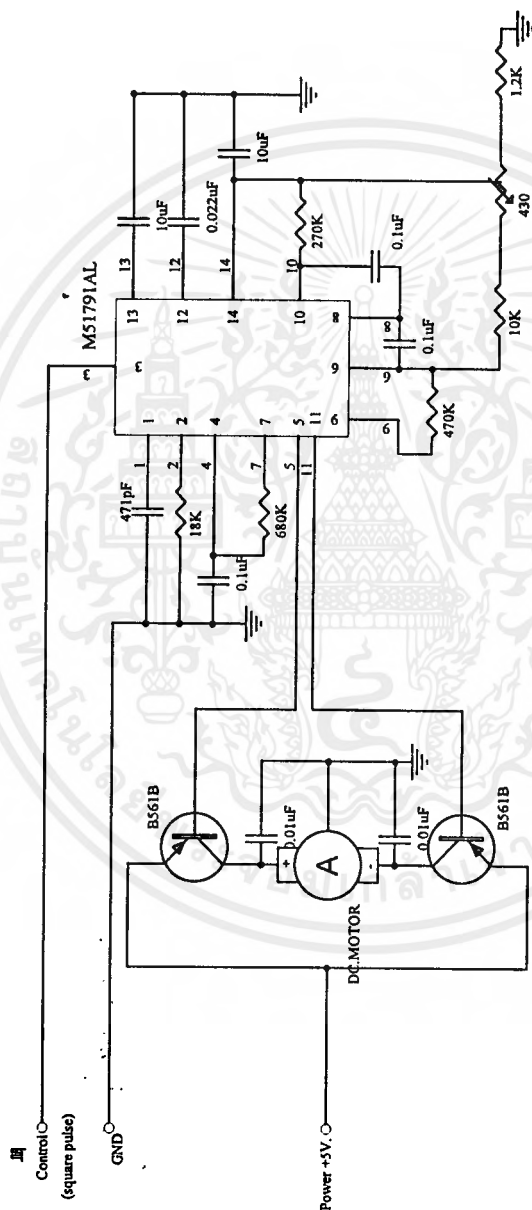


รูปวงจรของชุดไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ประโยชน์ในโครงการที่ขอใช้เท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

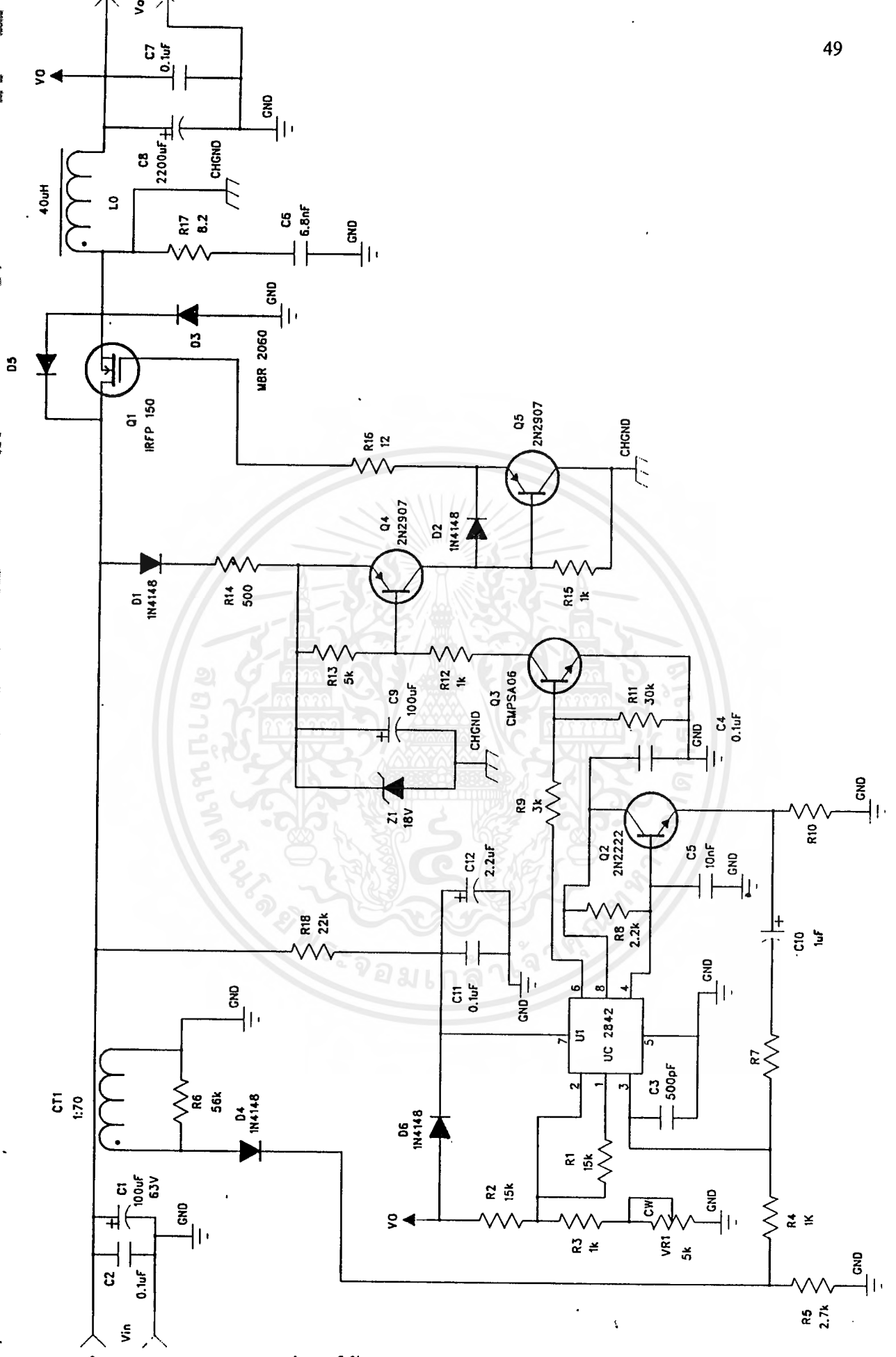


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวน **รูปวงจรของชุดควบคุมการเดินรถโดยใช้ไอซีเบอร์ MC33033** ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



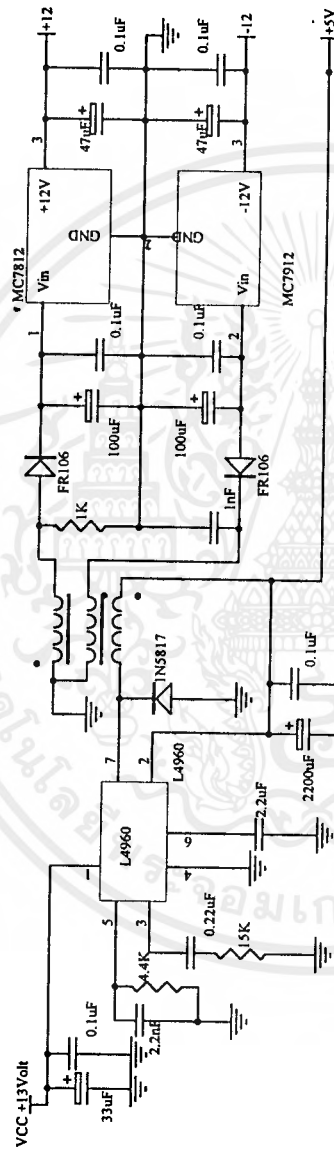
รูปวงจรภายในของคิซีเวอร์โมเตอร์ (ตัวเด็ก) ที่มากับชุดวิทยุบังคับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



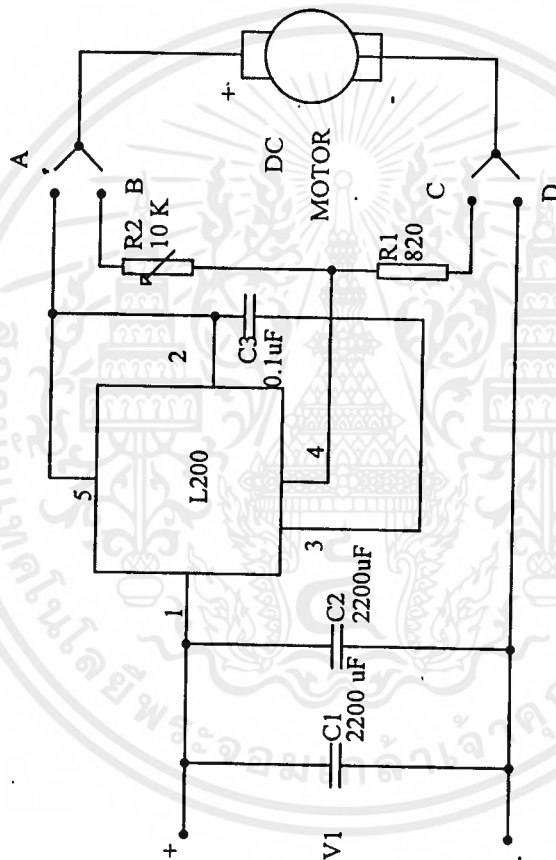
ปรุวงจรใช้งานของ BUCK CONVERTER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวอนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญญาติให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปวงจรสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายที่ใช้ไอซีเบอร์ L4960

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปวงจรเรกกูเลเตอร์ (regulator) ทำหน้าที่จ่ายไฟให้กับมอเตอร์ขับเคลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในโรงงาน

ส่วนของโปรแกรมควบคุมให้เซอร์โวอยู่ที่ตำแหน่งกลาง (0°)

```

;***** CENTER *****
      ORG 0000H
      MOV P1,#00H
CENTER: SETB P1.7           ;Set Port1.7 For T_on
      MOV R2,#05H
LCO3:  MOV R1,#05H
LCO2:  MOV R0,#1FH
LCO1:  DJNZ R0,LCO1
      DJNZ R1,LCO2
      DJNZ R2,LCO3
      CLR P1.7           ;Clear Port1.7 For T_off
      MOV R2,#04H
LCF3:  MOV R1,#19H
LCF2:  MOV R0,#4CH
LCF1:  DJNZ R0,LCF1
      DJNZ R1,LCF2
      DJNZ R2,LCF3
      SJMP CENTER
      END

```

ส่วนของโปรแกรมควบคุมให้เซอร์โวอยู่ที่ตำแหน่ง 11° (ทางซ้าย)

```

;***** S_LEFT *****
                                ORG 0000H
B_LEFT:                        SETB P1.7                ;Set P1.7 For T_on
                                MOV R2,#03H
LSLO3:                          MOV R1,#0AH
LSLO2:                          MOV R0,#18H
LSLO1:                          DJNZ R0,LSLO1
                                DJNZ R1,LSLO2
                                DJNZ R2,LSLO3
                                CLR P1.7                ;Set P1.7 For T_off
                                MOV R2,#0DH
LSLF3:                          MOV R1,#03H
LSLF2:                          MOV R0,#0CAH
LSLF1:                          DJNZ R0,LSLF1
                                DJNZ R1,LSLF2
                                DJNZ R2,LSLF3
                                SJMP B_LEFT
                                END

```

ส่วนของโปรแกรมควบคุมให้เซอร์โวอยู่ที่ตำแหน่ง 22° (ทางซ้าย)

```

;***** B_LEFT *****
                                ORG 8000H
S_LEFT:                        SETB P1.7                ;Set P1.7 For T_on
                                MOV R2,#04H
LBLO3:                          MOV R1,#08H
LBLO2:                          MOV R0,#15H
LBLO1:                          DJNZ R0,LBLO1
                                DJNZ R1,LBLO2
                                DJNZ R2,LBLO3
                                CLR P1.7                ;Set P1.7 For T_off
                                MOV R2,#02H
LBLF3:                          MOV R1,#19H
LBLF2:                          MOV R0,#0B9H
LBLF1:                          DJNZ R0,LBLF1
                                DJNZ R1,LBLF2
                                DJNZ R2,LBLF3
                                SJMP S_LEFT
                                END

```

ส่วนของโปรแกรมควบคุมให้เซอร์โวอยู่ที่ตำแหน่ง -11° (ทางขวา)

```

;***** S_RIGHT *****
                                ORG 0000H
VS_RIGHT:                       SETB P1.7           ;Set P1.7 For T_on
                                MOV R2,#05H
LSRO3:                           MOV R1,#09H
LSRO2:                           MOV R0,#12H
LSRO1:                           DJNZ R0,LSRO1
                                DJNZ R1,LSRO2
                                DJNZ R2,LSRO3
                                CLR P1.7           ;Set P1.7 For T_off
                                MOV R2,#19H
LSRF3:                           MOV R1,#06H
LSRF2:                           MOV R0,#39H
LSRF1:                           DJNZ R0,LSRF1
                                DJNZ R1,LSRF2
                                DJNZ R2,LSRF3
                                SJMP VS_RIGHT
                                END

```

ส่วนของโปรแกรมควบคุมให้เซอร์โวอยู่ที่ตำแหน่ง -22° (ทางขวา)

```

;***** B_RIGHT *****
                                ORG 0000H
S_RIGHT:                        SETB P1.7           ;Set P1.7 For T_on
                                MOV R2,#05H
LBRO3:                           MOV R1,#09H
LBRO2:                           MOV R0,#13H
LBRO1:                           DJNZ R0,LBRO1
                                DJNZ R1,LBRO2
                                DJNZ R2,LBRO3
                                CLR P1.7           ;Set P1.7 For T_off
                                MOV R2,#19H
LBRF3:                           MOV R1,#06H
LBRF2:                           MOV R0,#3BH
LBRF1:                           DJNZ R0,LBRF3
                                DJNZ R1,LBRF2
                                DJNZ R2,LBRF1
                                SJMP S_RIGHT
                                END

```

โปรแกรมทั้งหมดที่เขียนขึ้นเป็น Rule Base Control

```

;*****
; RULE BASE CONTROL PROGRAM
;*****

        ORG 0000H           ;Start of program
        MOV P1,#00H        ;Clear Port1
;***** CENTER *****
CENTER:  CPL P1.6           ;Watchdog
        SETB P1.7          ;Set P1.7 For T_on
        MOV R2,#05H
LCO3:   MOV R1,#05H
LCO2:   MOV R0,#1FH
LCO1:   DJNZ R0,LCO1
        DJNZ R1,LCO2
        DJNZ R2,LCO3
        CLR P1.7           ;Clear P1.7 For T_off
        MOV R2,#04H
LCF3:   MOV R1,#19H
LCF2:   MOV R0,#4CH
LCF1:   DJNZ R0,LCF1
        DJNZ R1,LCF2
        DJNZ R2,LCF3

;*****CHECK MERCURY SWITCH (INCLINE TO LEFT)*****
CK_S_LEFT:  CPL P1.6           ;Watchdog
            JNB P1.0,CK_B_LEFT
            LCALL DELAY_1S
            JNB P1.0,CK_B_LEFT

```

```

LCALL VS_RIGHT ;Very small incline to left
;So turn left very small

CK_B_LEFT: CPL P1.6 ;Watchdog
JNB P1.1,CK_S_RIGHT
LCALL DELAY_1S
JNB P1.1,CK_S_RIGHT
LCALL S_RIGHT ;Small incline to left
;So turn left small

;*****CHECK MERCURY SWITCH (RIGHT)*****
CK_S_RIGHT: CPL P1.6 ;Watchdog
JNB P1.2,CK_B_RIGHT
LCALL DELAY_1S
JNB P1.2,CK_B_RIGHT
LCALL VS_LEFT ;Very small incline to right
;So that turn left very small

CK_B_RIGHT: CPL P1.6 ;Watchdog
JNB P1.3,CENTER
LCALL DELAY_1S
JNB P1.3,CENTER
LCALL S_LEFT
SJMP CENTER

```

```

;*****
;
;          TURN RIGHT(BIG & SMALL)
;*****

;***** B_RIGHT *****
;LBRO:Loop Big Right On
;LBRF:Loop Big Right Off

S_RIGHT:      CPL P1.6          ;Watchdog
              SETB P1.7        ;Set P1.7 For T_on
              MOV R2,#05H
LBRO3:        MOV R1,#09H
LBRO2:        MOV R0,#13H
LBRO1:        DJNZ R0,LBRO1
              DJNZ R1,LBRO2
              DJNZ R2,LBRO3
              CLR P1.7         ;Set P1.7 For T_off
              MOV R2,#19H
LBRF3:        MOV R1,#06H
LBRF2:        MOV R0,#3BH
LBRF1:        DJNZ R0,LBRF1
              DJNZ R1,LBRF2
              DJNZ R2,LBRF3
              CPL P1.6          ;Watchdog
              JNB P1.1,BACK
              LCALL DELAY_1S
              JNB P1.1,BACK
              SJMP S_RIGHT
BACK:  RET

```

```

;***** S_RIGHT *****
;LSRO:Loop Small Right On
;LSRF:Loop Small Right Off

VS_RIGHT:      CPL P1.6
                SETB P1.7          ;Set P1.7 For T_on
                MOV R2,#05H

LSRO3:         MOV R1,#09H
LSRO2:         MOV R0,#12H
LSRO1:         DJNZ R0,LSRO1
                DJNZ R1,LSRO2
                DJNZ R2,LSRO3
                CLR P1.7          ;Set P1.7 For T_off
                MOV R2,#19H

LSRF3:         MOV R1,#06H
LSRF2:         MOV R0,#39H
LSRF1:         DJNZ R0,LSRF1
                DJNZ R1,LSRF2
                DJNZ R2,LSRF3
                CPL P1.6          ;Watchdog
                JNB P1.0,BACK1
                JNB P1.1,X1
                CPL P1.6          ;Watchdog
                LCALL DELAY_1S
                JNB P1.1,X1
                CPL P1.6          ;Watchdog
                LCALL S_RIGHT

X1:            SJMP VS_RIGHT
BACK1:         RET

```

```

;*****
;
;          TURN LEFT (BIG & SMALL)
;*****

;***** B_LEFT *****
;LBLO:Loop Big Left On
;LBLE:Loop Big LEFT Off

S_LEFT:      CPL P1.6          ;Watchdog
              SETB P1.7       ;Set P1.7 For T_on
              MOV R2,#04H
LBLO3:      MOV R1,#08H
LBLO2:      MOV R0,#15H
LBLO1:      DJNZ R0,LBLO1
              DJNZ R1,LBLO2
              DJNZ R2,LBLO3
              CLR P1.7        ;Set P1.7 For T_off
              MOV R2,#02H
LBLE3:      MOV R1,#19H
LBLE2:      MOV R0,#0B9H
LBLE1:      DJNZ R0,LBLE1
              DJNZ R1,LBLE2
              DJNZ R2,LBLE3
              CPL P1.6        ;Watchdog
              JNB P1.3,BACK2
              SJMP S_LEFT
BACK2:      RET

```

```

;***** S_LEFT *****
;LSLO:Loop Small Left On
;LSLF:Loop Small Left Off

VS_LEFT:      CPL P1.6           ;Watchdog
              SETB P1.7         ;Set P1.7 For T_on
              MOV R2,#03H

LSLO3:        MOV R1,#0AH
LSLO2:        MOV R0,#18H
LSLO1:        DJNZ R0,LSLO1
              DJNZ R1,LSLO2
              DJNZ R2,LSLO3
              CLR P1.7         ;Set P1.7 For T_off
              MOV R2,#0DH
LSLF3:        MOV R1,#13H
LSLF2:        MOV R0,#0CAH
LSLF1:        DJNZ R0,LSLF1
              DJNZ R1,LSLF2
              DJNZ R2,LSLF3
              CPL P1.6         ;Watchdog
              JNB P1.2,BACK3
              JNB P1.3,X2
              CPL P1.6         ;Watchdog
              LCALL DELAY_1S
              JNB P1.3,X2
              CPL P1.6         ;Watchdog
              LCALL S_LEFT
X2:           SJMP VS_LEFT
BACK3:        RET

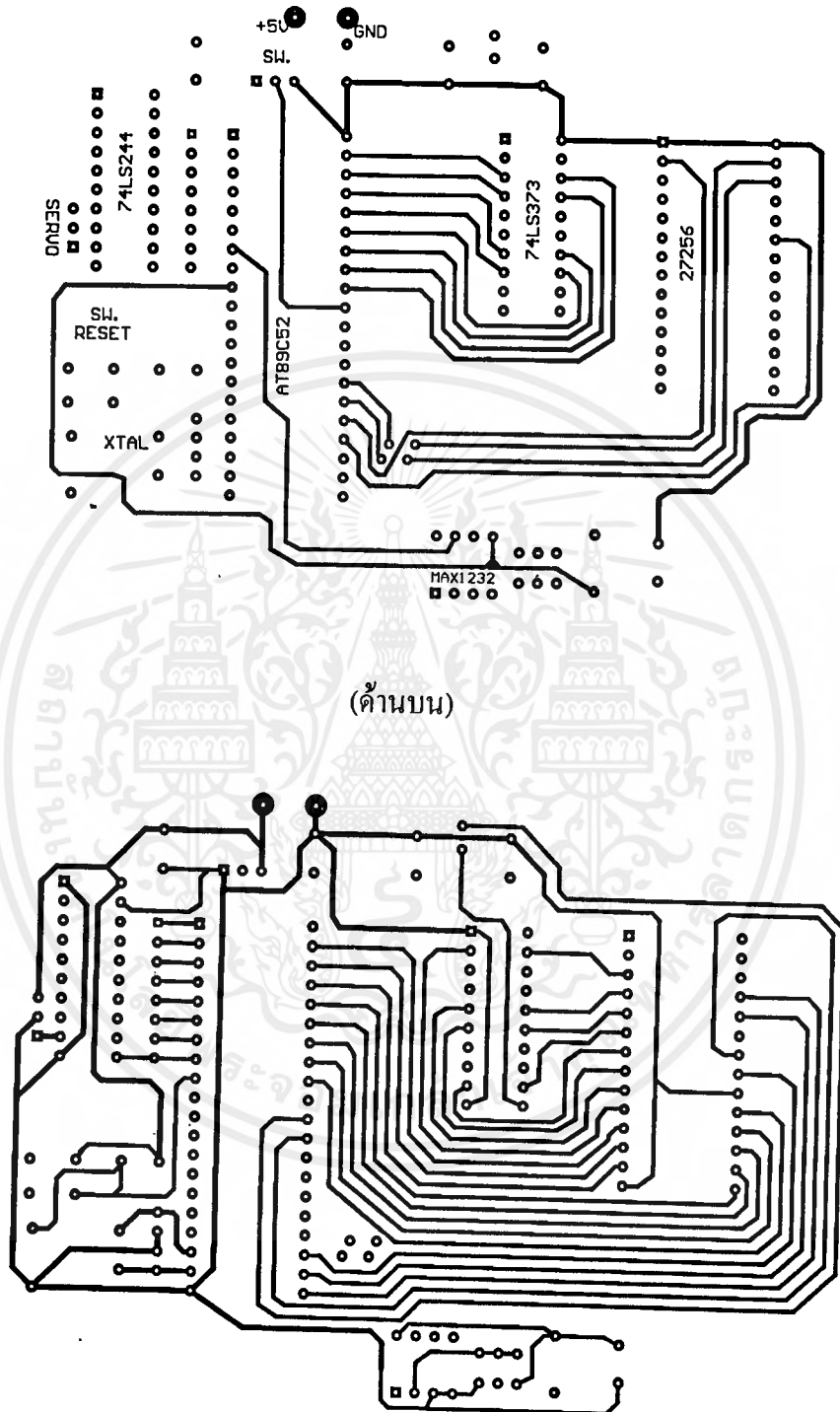
```

```

;***** DELAY_1 Sec (Approximation) *****
DELAY_1S:    MOV R2,#32H
L3:          MOV R1,#32H
L2:          MOV R0,#1EH
L1:          DJNZ R0,L1
              CPL P1.6           ;Watchdog
              DJNZ R1,L2
              CPL P1.6           ;Watchdog
              DJNZ R2,L3
              CPL P1.6           ;Watchdog
              RET
              END
;***** END OF PROGRAM *****

```

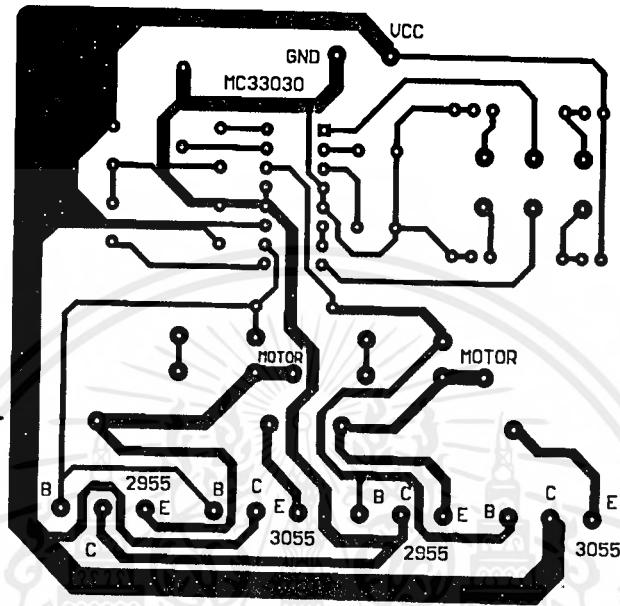
3. รายละเอียดของแผ่นวงจรพิมพ์ (PCB)



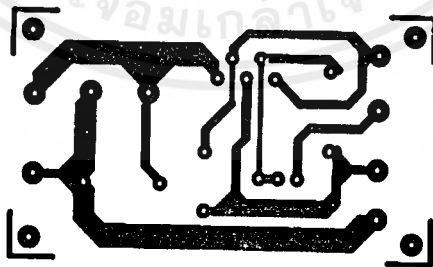
(ด้านล่าง)

รูปลายทองแดงของแผ่นวงจรพิมพ์ขนาดเท่าของจริง
ของวงจรชุดไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปลายทองแดงของแผ่นวงจรพิมพ์
ของวงจรชุดควบคุมการเลี้ยว



รูปลายทองแดงของแผ่นวงจรพิมพ์

ของวงจรเรกดูเลเตอร์ที่จ่ายไฟให้กับมอเตอร์ขับเคลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



8-Bit Microcontroller with 8K Bytes Flash

AT89C52

Features

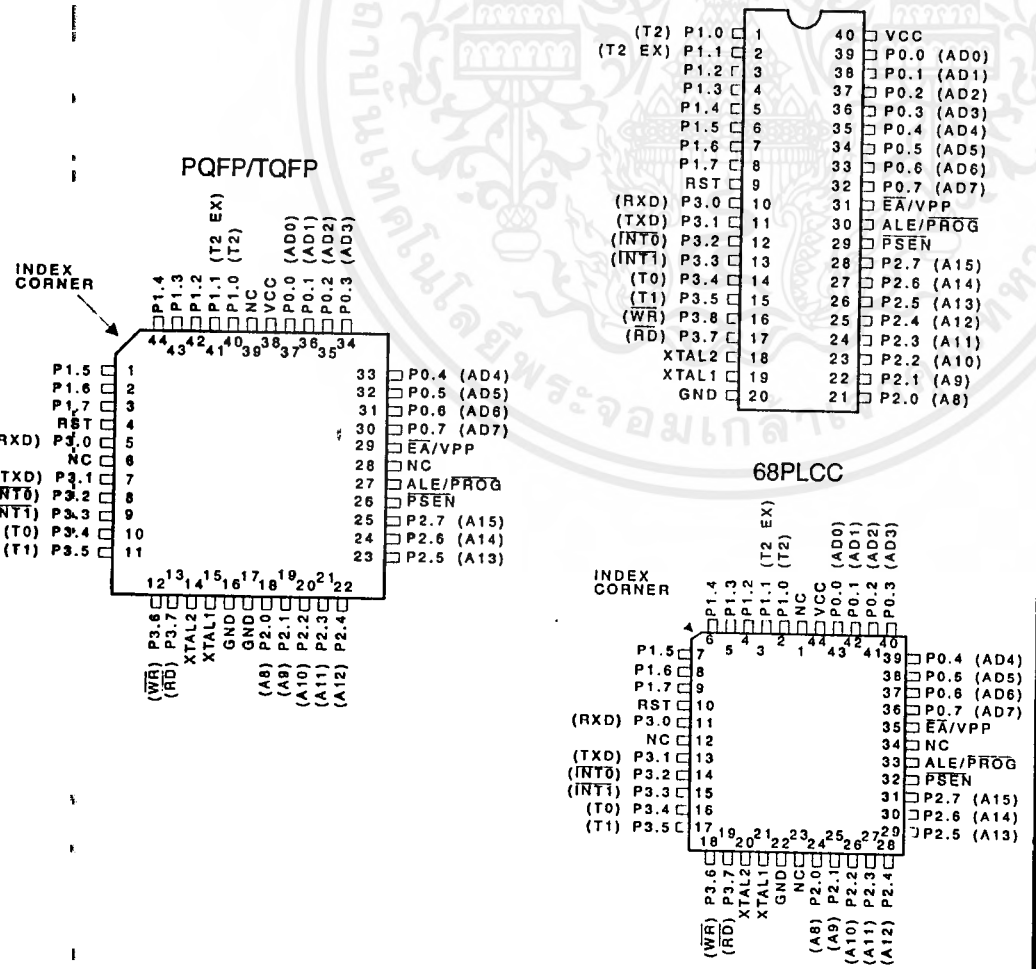
- Compatible with MCS-51™ Products
- 8K Bytes of In-System Reprogrammable Flash Memory
 - Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Three-Level Program Memory Lock
- 256 x 8-Bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Three 16-Bit Timer/Counters
- Eight Interrupt Sources
- Programmable Serial Channel
- Low Power Idle and Power Down Modes

Description

The AT89C52 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 8K bytes of Flash programmable and erasable read only memory (PEROM). The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry standard 80C51 and 80C52 instruction set and pinout. The on-chip Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89C52 is a powerful microcomputer which provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

(continued)

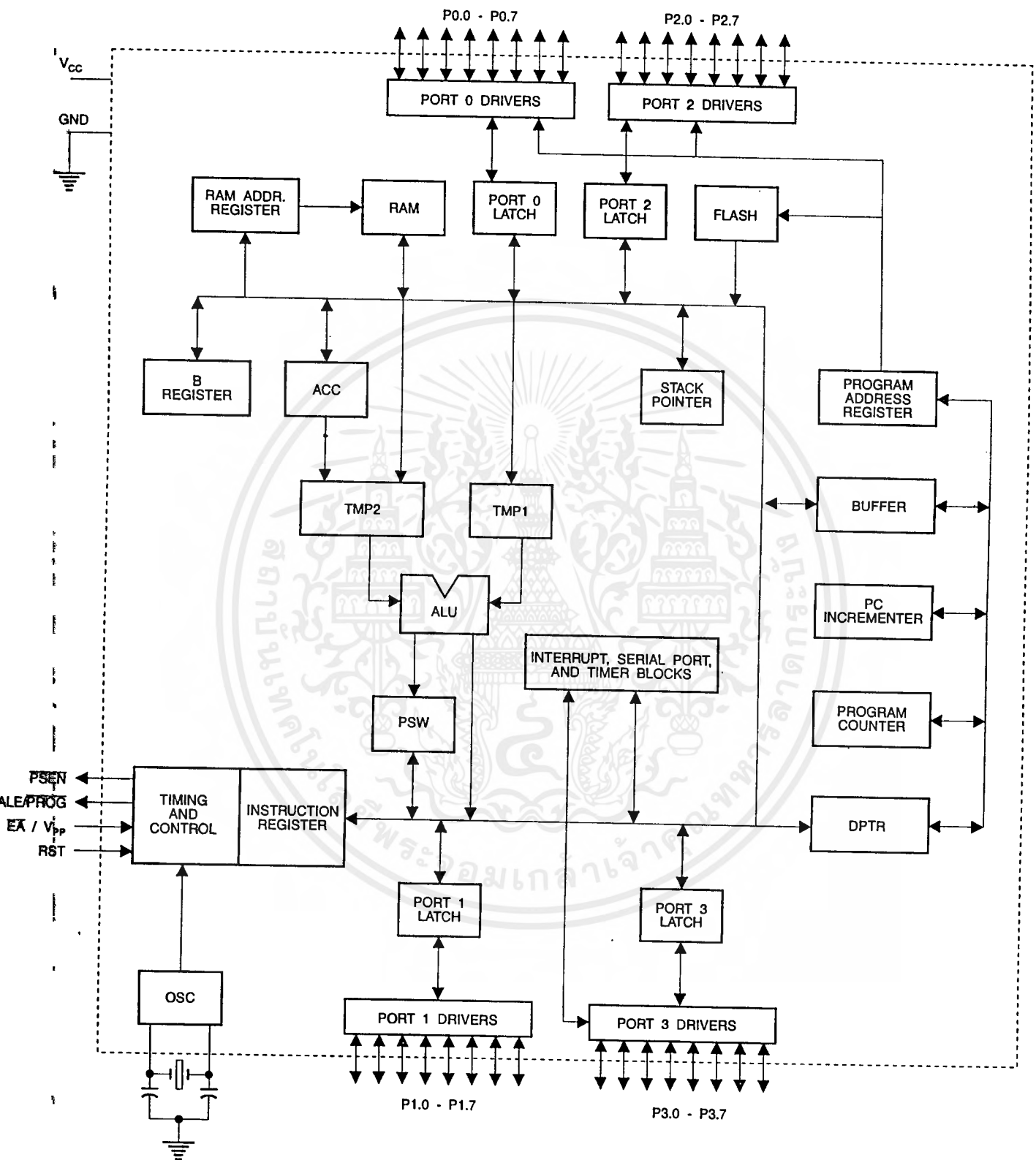
Pin Configurations



0313F-A-12/97



Block Diagram



The AT89C52 provides the following standard features: 8K bytes of Flash, 256 bytes of RAM, 32 I/O lines, three 16-bit timer/counters, a six-vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator, and clock circuitry. In addition, the AT89C52 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port, and interrupt system to continue functioning. The Power Down Mode saves the RAM contents but freezes the oscillator, disabling all other chip functions until the next hardware reset.

Pin Description

V_{CC}
Supply voltage.

GND
Ground.

Port 0
Port 0 is an 8-bit open drain bidirectional I/O port. As an output port, each pin can sink eight TTL inputs. When 1s are written to port 0 pins, the pins can be used as high-impedance inputs.

Port 0 can also be configured to be the multiplexed low-order address/data bus during accesses to external program and data memory. In this mode, P0 has internal pullups.

Port 0 also receives the code bytes during Flash programming and outputs the code bytes during program verification. External pullups are required during program verification.

Port 1
Port 1 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 1 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 1 pins, they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 1 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

In addition, P1.0 and P1.1 can be configured to be the timer/counter 2 external count input (P1.0/T2) and the timer/counter 2 trigger input (P1.1/T2EX), respectively, as shown in the following table.

Port 1 also receives the low-order address bytes during Flash programming and verification.

Port Pin	Alternate Functions
P1.0	T2 (external count input to Timer/Counter 2), clock-out
P1.1	T2EX (Timer/Counter 2 capture/reload trigger and direction control)

Port 2
Port 2 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 2 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 2 pins, they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 2 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

Port 2 emits the high-order address byte during fetches from external program memory and during accesses to external data memory that use 16-bit addresses (MOVX @ DPTR). In this application, Port 2 uses strong internal pullups when emitting 1s. During accesses to external data memory that use 8-bit addresses (MOVX @ RI), Port 2 emits the contents of the P2 Special Function Register.

Port 2 also receives the high-order address bits and some control signals during Flash programming and verification.

Port 3
Port 3 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 3 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 3 pins, they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 3 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the pullups.

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89C51, as shown in the following table.

Port 3 also receives some control signals for Flash programming and verification.

Port Pin	Alternate Functions
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	INT0 (external interrupt 0)
P3.3	INT1 (external interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 external input)
P3.5	T1 (timer 1 external input)
P3.6	WR (external data memory write strobe)
P3.7	RD (external data memory read strobe)

RST
Reset input. A high on this pin for two machine cycles while the oscillator is running resets the device.

ALE/PROG
Address Latch Enable is an output pulse for latching the low byte of the address during accesses to external memory. This pin is also the program pulse input (PROG) during Flash programming.

In normal operation, ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency and may be used for external timing or clocking purposes. Note, however, that one ALE



pulse is skipped during each access to external data memory.

If desired, ALE operation can be disabled by setting bit 0 of SFR location 8EH. With the bit set, ALE is active only during a MOVX or MOVC instruction. Otherwise, the pin is weakly pulled high. Setting the ALE-disable bit has no effect if the microcontroller is in external execution mode.

PSEN

Program Store Enable is the read strobe to external program memory.

When the AT89C52 is executing code from external program memory, PSEN is activated twice each machine cycle, except that two PSEN activations are skipped during each access to external data memory.

EA/V_{PP}

External Access Enable. EA must be strapped to GND in order to enable the device to fetch code from external program memory locations starting at 0000H up to FFFFH. Note, however, that if lock bit 1 is programmed, EA will be internally latched on reset.

EA should be strapped to V_{CC} for internal program executions.

This pin also receives the 12-volt programming enable voltage (V_{PP}) during Flash programming when 12-volt programming is selected.

XTAL1

Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

XTAL2

Output from the inverting oscillator amplifier.

Table 1. AT89C52 SFR Map and Reset Values

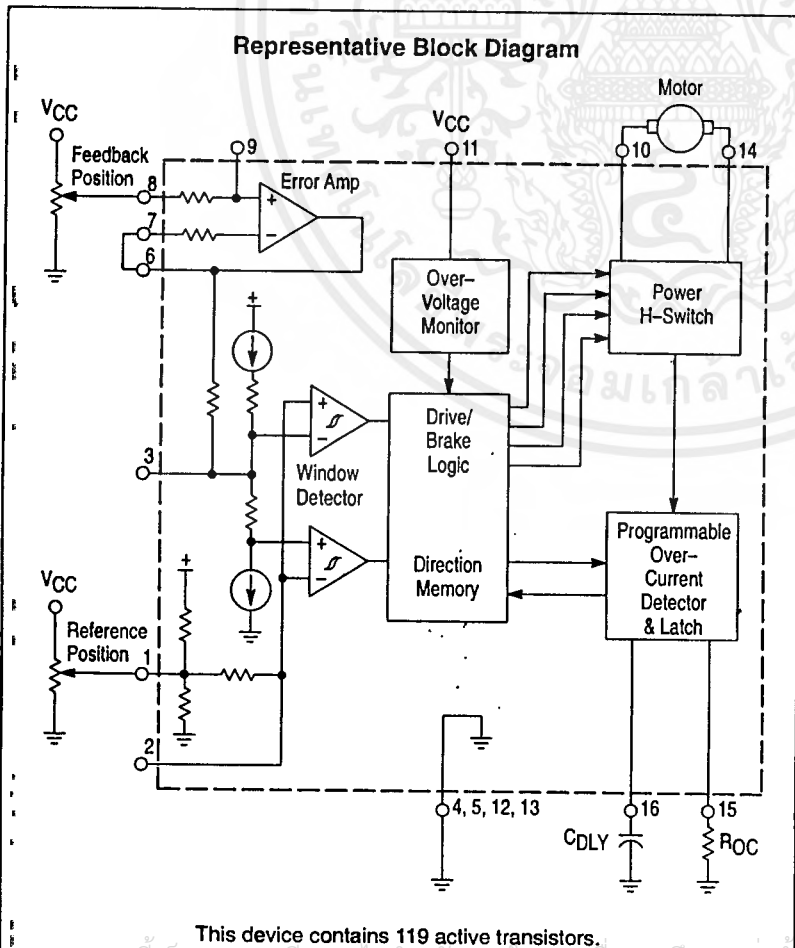
0F8H										0FFH
0F0H	B 00000000									0F7H
0E8H										0EFH
0E0H	ACC 00000000									0E7H
0D8H										0DFH
0D0H	PSW 00000000									0D7H
0C8H	T2CON 00000000	T2MOD XXXXXX00	RCAP2L 00000000	RCAP2H 00000000	TL2 00000000	TH2 00000000				0CFH
0C0H										0C7H
0B8H	IP XX000000									0BFH
0B0H	P3 11111111									0B7H
0A8H	IE 0X000000									0AFH
0A0H	P2 11111111									0A7H
98H	SCON 00000000	SBUF XXXXXXXX								9FH
90H	P1 11111111									97H
88H	TCON 00000000	TMOD 00000000	TL0 00000000	TL1 00000000	TH0 00000000	TH1 00000000				8FH
80H	P0 11111111	SP 00000111	DPL 00000000	DPH 00000000					PCON 0XXX0000	87H

DC Servo Motor Controller/Driver

The MC33030 is a monolithic DC servo motor controller providing all active functions necessary for a complete closed loop system. This device consists of an on-chip op amp and window comparator with wide input common-mode range, drive and brake logic with direction memory, Power H-Switch driver capable of 1.0 A, independently programmable over-current monitor and shutdown delay, and over-voltage monitor. This part is ideally suited for almost any servo positioning application that requires sensing of temperature, pressure, light, magnetic flux, or any other means that can be converted to a voltage.

Although this device is primarily intended for servo applications, it can be used as a switchmode motor controller.

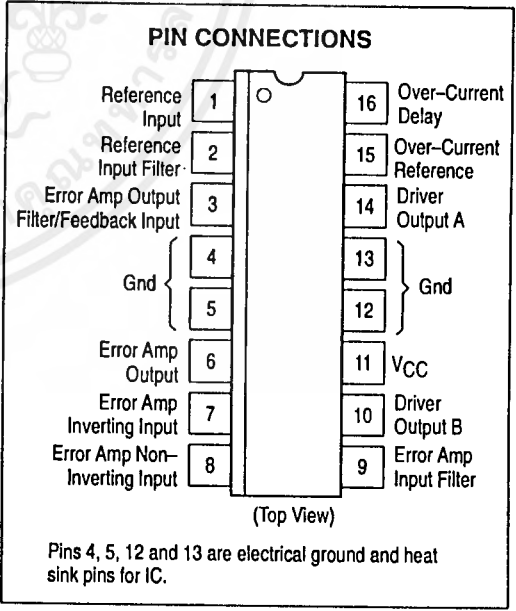
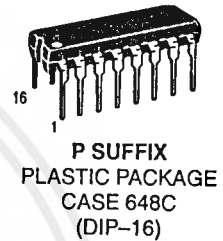
- On-Chip Error Amp for Feedback Monitoring
- Window Detector with Deadband and Self Centering Reference Input
- Drive/Brake Logic with Direction Memory
- 1.0 A Power H-Switch
- Programmable Over-Current Detector
- Programmable Over-Current Shutdown Delay
- Over-Voltage Shutdown



MC33030

DC SERVO MOTOR CONTROLLER/DRIVER

SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA



ORDERING INFORMATION

Device	Operating Temperature Range	Package
MC33030DW	$T_A = -40^\circ \text{ to } +85^\circ \text{C}$	SOP-16L
MC33030P		DIP-16

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Power Supply Voltage	V_{CC}	36	V
Input Voltage Range Op Amp, Comparator, Current Limit (Pins 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 15)	V_{IR}	-0.3 to V_{CC}	V
Input Differential Voltage Range Op Amp, Comparator (Pins 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9)	V_{IDR}	-0.3 to V_{CC}	V
Delay Pin Sink Current (Pin 16)	$I_{DLY(sink)}$	20	mA
Output Source Current (Op Amp)	I_{source}	10	mA
Drive Output Voltage Range (Note 1)	V_{DRV}	-0.3 to ($V_{CC} + V_F$)	V
Drive Output Source Current (Note 2)	$I_{DRV(source)}$	1.0	A
Drive Output Sink Current (Note 2)	$I_{DRV(sink)}$	1.0	A
Brake Diode Forward Current (Note 2)	I_F	1.0	A
Power Dissipation and Thermal Characteristics			$^{\circ}C/W$
P Suffix, Dual In Line Case 648C Thermal Resistance, Junction-to-Air Thermal Resistance, Junction-to-Case (Pins 4, 5, 12, 13)	$R_{\theta JA}$ $R_{\theta JC}$	80 15	
DW Suffix, Dual In Line Case 751G Thermal Resistance, Junction-to-Air Thermal Resistance, Junction-to-Case (Pins 4, 5, 12, 13)	$R_{\theta JA}$ $R_{\theta JC}$	94 18	
Operating Junction Temperature	T_J	+150	$^{\circ}C$
Operating Ambient Temperature Range	T_A	-40 to +85	$^{\circ}C$
Storage Temperature Range	T_{stg}	-65 to +150	$^{\circ}C$

NOTES: 1. The upper voltage level is clamped by the forward drop, V_F , of the brake diode.
2. These values are for continuous DC current. Maximum package power dissipation limits must be observed.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{CC} = 14\text{ V}$, $T_A = 25^{\circ}C$, unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
ERROR AMP					
Input Offset Voltage ($-40^{\circ}C \leq T_A \leq 85^{\circ}C$) $V_{Pin\ 6} = 7.0\text{ V}$, $R_L = 100\text{ k}$	V_{IO}	-	1.5	10	mV
Input Offset Current ($V_{Pin\ 6} = 1.0\text{ V}$, $R_L = 100\text{ k}$)	I_{IO}	-	0.7	-	nA
Input Bias Current ($V_{Pin\ 6} = 7.0\text{ V}$, $R_L = 100\text{ k}$)	I_{IB}	-	7.0	-	nA
Input Common-Mode Voltage Range $\Delta V_{IO} = 20\text{ mV}$, $R_L = 100\text{ k}$	V_{ICR}	-	0 to ($V_{CC} - 1.2$)	-	V
Slew Rate, Open Loop ($V_{ID} = 0.5\text{ V}$, $C_L = 15\text{ pF}$)	SR	-	0.40	-	V/ μ s
Unity-Gain Crossover Frequency	f_c	-	550	-	kHz
Unity-Gain Phase Margin	ϕ_m	-	63	-	deg.
Common-Mode Rejection Ratio ($V_{Pin\ 6} = 7.0\text{ V}$, $R_L = 100\text{ k}$)	CMRR	50	82	-	dB
Power Supply Rejection Ratio $V_{CC} = 9.0$ to 16 V , $V_{Pin\ 6} = 7.0\text{ V}$, $R_L = 100\text{ k}$	PSRR	-	89	-	dB
Output Source Current ($V_{Pin\ 6} = 12\text{ V}$)	I_{O+}	-	1.8	-	mA
Output Sink Current ($V_{Pin\ 6} = 1.0\text{ V}$)	I_{O-}	-	250	-	μ A
Output Voltage Swing ($R_L = 17\text{ k}$ to Ground)	V_{OH} V_{OL}	12.5 -	13.1 0.02	- -	V V

NOTES: 3. The upper or lower hysteresis will be lost when operating the Input, Pin 3, close to the respective rail. Refer to Figure 4.
4. Low duty cycle pulse techniques are used during test to maintain junction temperature as close to ambient temperature as possible.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued) ($V_{CC} = 14\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
WINDOW DETECTOR					
Input Hysteresis Voltage ($V_1 - V_4$, $V_2 - V_3$, Figure 18)	V_H	25	35	45	mV
Input Dead Zone Range ($V_2 - V_4$, Figure 18)	V_{IDZ}	166	210	254	mV
Input Offset Voltage ($ [V_2 - V_{Pin\ 2}] - [V_{Pin\ 2} - V_4] $ Figure 18)	V_{IO}	–	25	–	mV
Input Functional Common-Mode Range (Note 3)					V
Upper Threshold	V_{IH}	–	$(V_{CC} - 1.05)$	–	
Lower Threshold	V_{IL}	–	0.24	–	
Reference Input Self Centering Voltage Pins 1 and 2 Open	V_{RSC}	–	$(1/2 V_{CC})$	–	V
Window Detector Propagation Delay Comparator Input, Pin 3, to Drive Outputs $V_{ID} = 0.5\text{ V}$, $R_L(DRV) = 390\ \Omega$	$t_p(IN/DRV)$	–	2.0	–	μs

OVER-CURRENT MONITOR

Over-Current Reference Resistor Voltage (Pin 15)	R_{OC}	3.9	4.3	4.7	V
Delay Pin Source Current $V_{DLY} = 0\text{ V}$, $R_{OC} = 27\text{ k}$, $I_{DRV} = 0\text{ mA}$	$I_{DLY}(\text{source})$	–	5.5	6.9	μA
Delay Pin Sink Current ($R_{OC} = 27\text{ k}$, $I_{DRV} = 0\text{ mA}$)	$I_{DLY}(\text{sink})$				mA
$V_{DLY} = 5.0\text{ V}$		–	0.1	–	
$V_{DLY} = 8.3\text{ V}$		–	0.7	–	
$V_{DLY} = 14\text{ V}$		–	16.5	–	
Delay Pin Voltage, Low State ($I_{DLY} = 0\text{ mA}$)	$V_{OL}(DLY)$	–	0.3	0.4	V
Over-Current Shutdown Threshold	$V_{th}(OC)$				V
$V_{CC} = 14\text{ V}$		6.8	7.5	8.2	
$V_{CC} = 8.0\text{ V}$		5.5	6.0	6.5	
Over-Current Shutdown Propagation Delay Delay Capacitor Input, Pin 16, to Drive Outputs, $V_{ID} = 0.5\text{ V}$	$t_p(DLY/DRV)$	–	1.8	–	μs

POWER H-SWITCH

Drive-Output Saturation ($-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +85^\circ\text{C}$, Note 4)					V
High-State ($I_{\text{source}} = 100\text{ mA}$)	$V_{OH}(DRV)$	$(V_{CC} - 2)$	$(V_{CC} - 0.85)$	–	
Low-State ($I_{\text{sink}} = 100\text{ mA}$)	$V_{OL}(DRV)$	–	0.12	1.0	
Drive-Output Voltage Switching Time ($C_L = 15\text{ pF}$)					ns
Rise Time	t_r	–	200	–	
Fall Time	t_f	–	200	–	
Brake Diode Forward Voltage Drop ($I_F = 200\text{ mA}$, Note 4)	V_F	–	1.04	2.5	V

TOTAL DEVICE

Standby Supply Current	I_{CC}	–	14	25	mA
Over-Voltage Shutdown Threshold ($-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +85^\circ\text{C}$)	$V_{th}(OV)$	16.5	18	20.5	V
Over-Voltage Shutdown Hysteresis (Device "off" to "on")	$V_H(OV)$	0.3	0.6	1.0	V
Operating Voltage Lower Threshold ($-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +85^\circ\text{C}$)	V_{CC}	–	7.5	8.0	V

NOTES: 3. The upper or lower hysteresis will be lost when operating the Input, Pin 3, close to the respective rail. Refer to Figure 4.

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

Figure 1. Error Amp Input Common-Mode Voltage Range versus Temperature

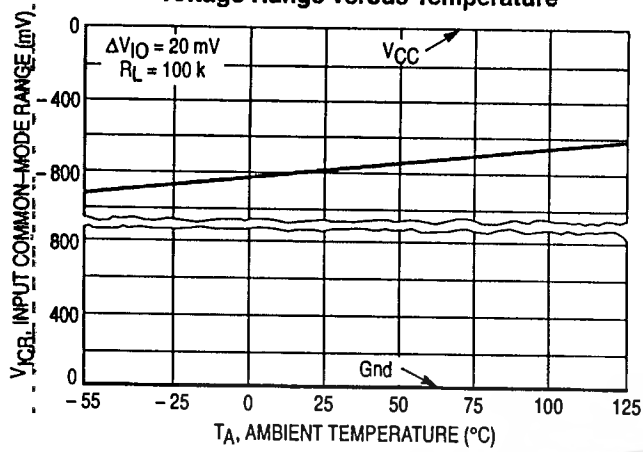


Figure 2. Error Amp Output Saturation versus Load Current

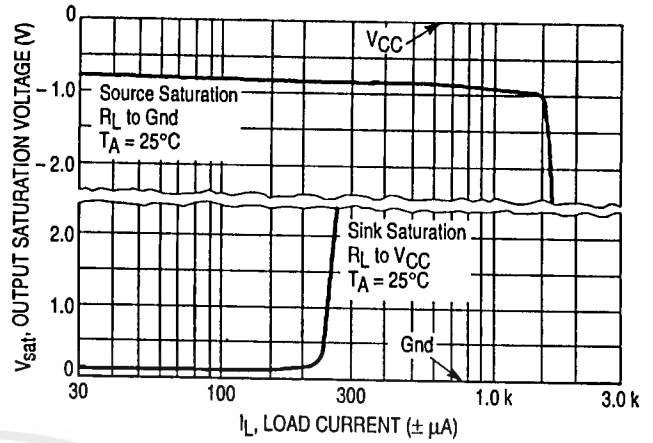


Figure 3. Open Loop Voltage Gain and Phase versus Frequency

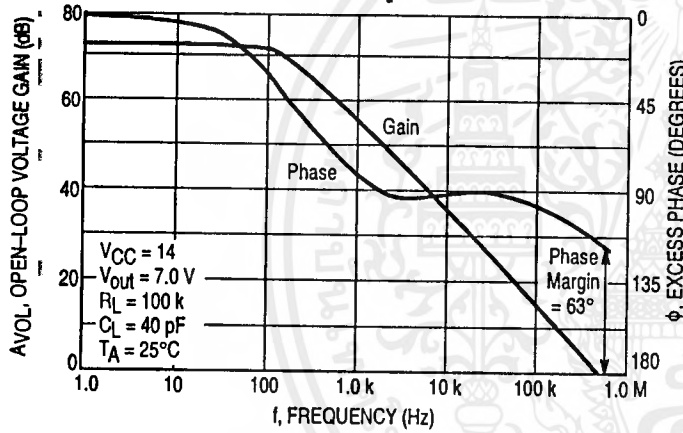


Figure 4. Window Detector Reference-Input Common-Mode Voltage Range versus Temperature

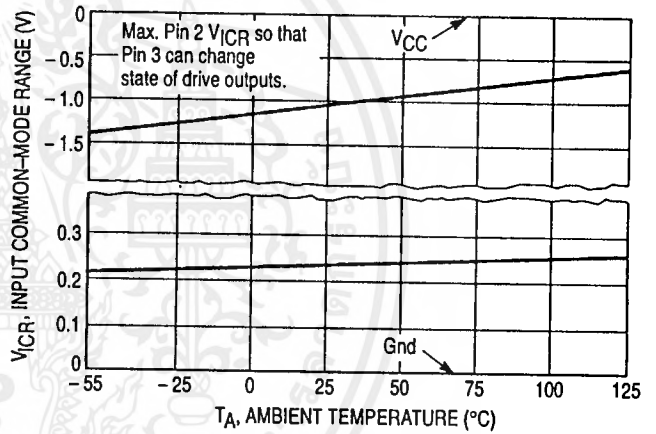


Figure 5. Window Detector Feedback-Input Thresholds versus Temperature

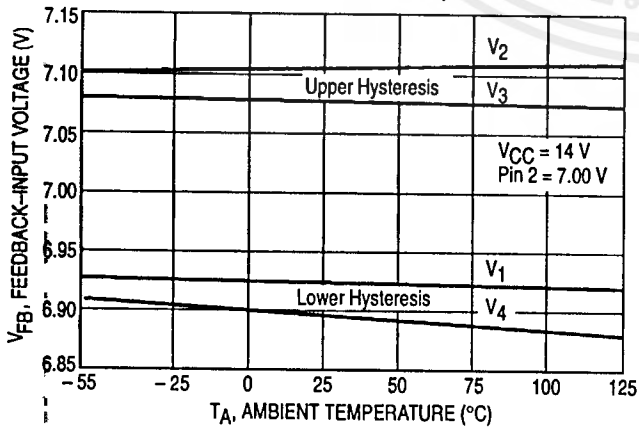
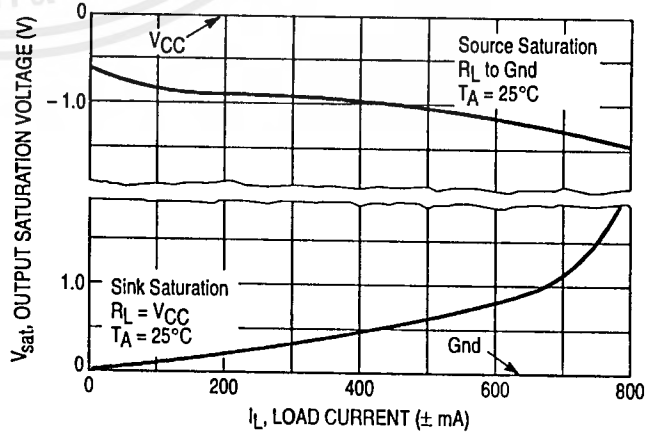


Figure 6. Output Driver Saturation versus Load Current



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

Figure 7. Brake Diode Forward Current versus Forward Voltage

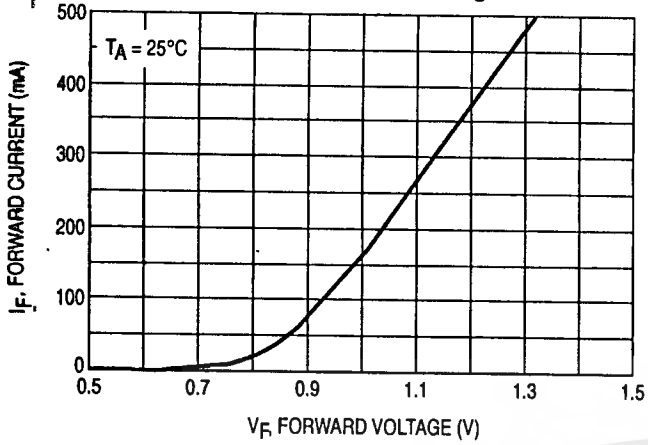


Figure 8. Output Source Current–Limit versus Over–Current Reference Resistance

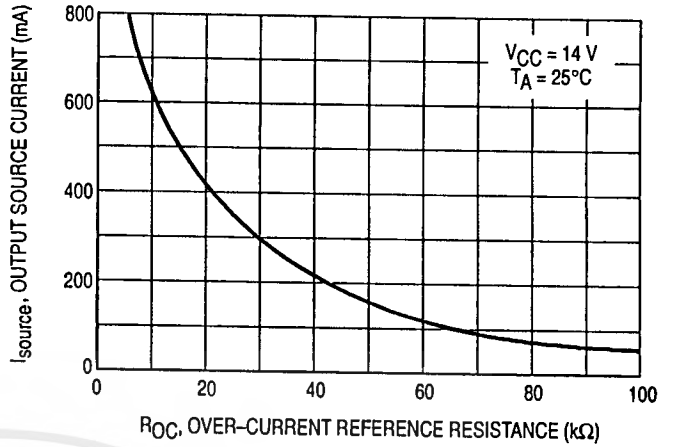


Figure 9. Output Source Current–Limit versus Temperature

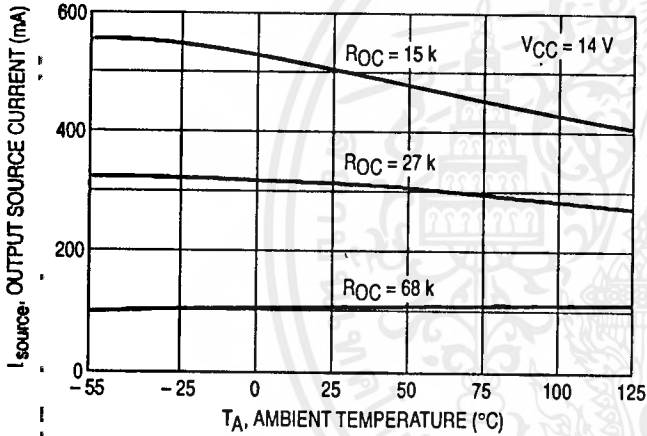


Figure 10. Normalized Delay Pin Source Current versus Temperature

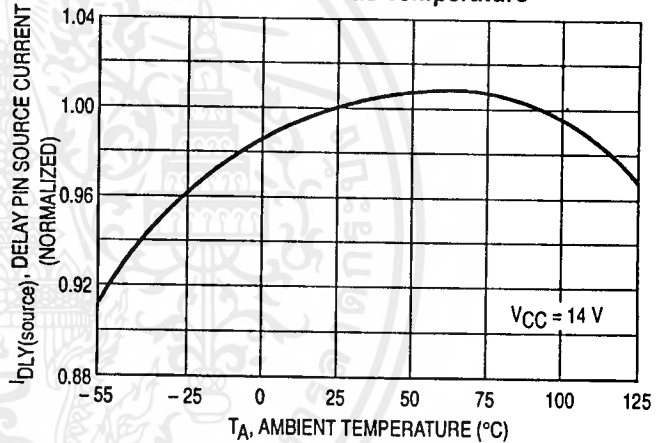


Figure 11. Normalized Over–Current Delay Threshold Voltage versus Temperature

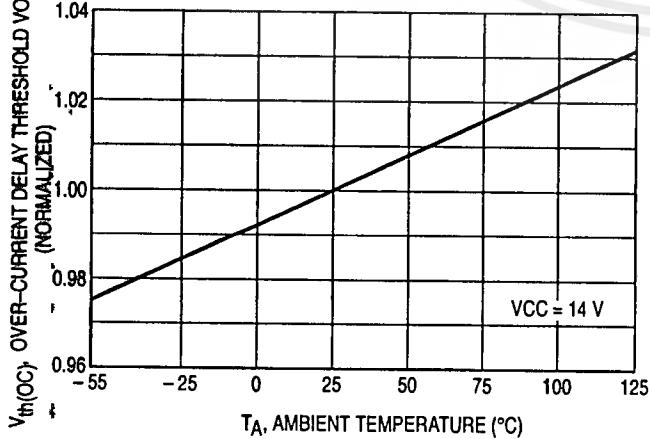


Figure 12. Supply Current versus Supply Voltage

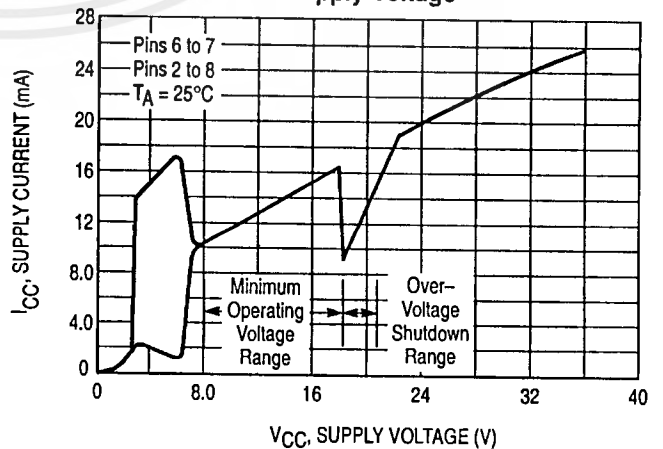


Figure 13. Normalized Over-Voltage Shutdown Threshold versus Temperature

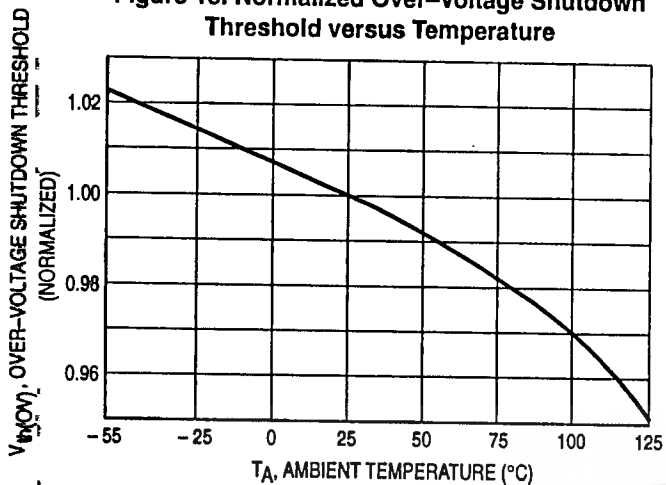


Figure 14. Normalized Over-Voltage Shutdown Hysteresis versus Temperature

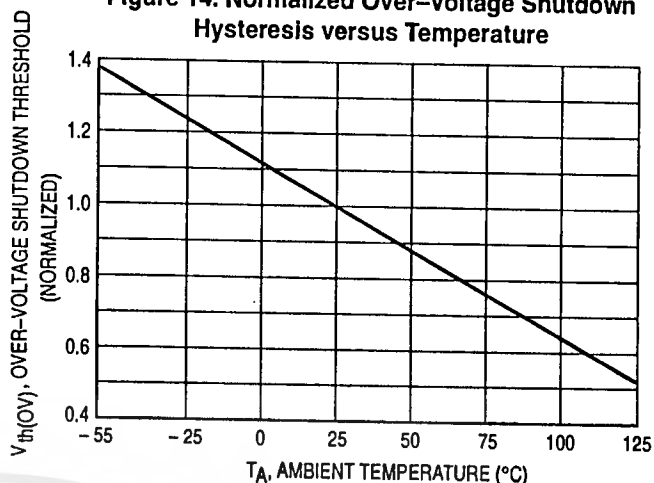


Figure 15. P Suffix (DIP-16) Thermal Resistance and Maximum Power Dissipation versus P.C.B. Copper Length

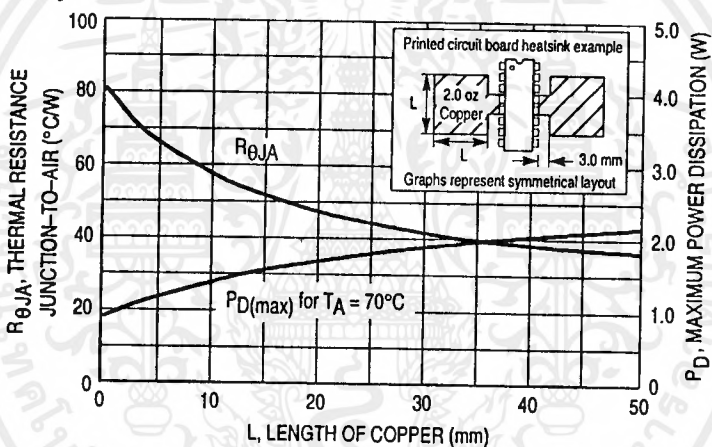
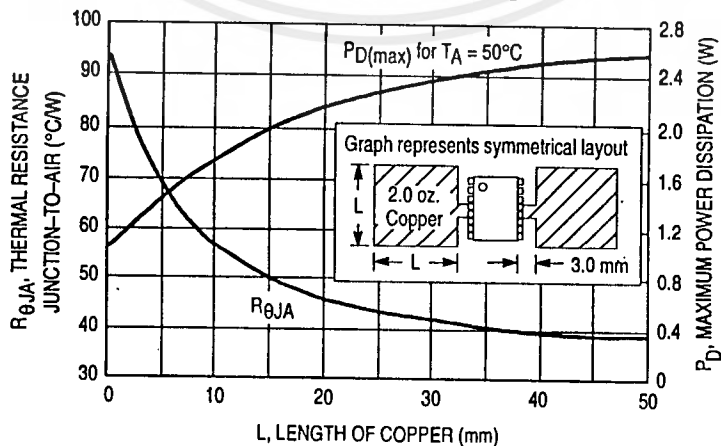


Figure 16. DW Suffix (SOP-16L) Thermal Resistance and Maximum Power Dissipation versus P.C.B. Copper Length



OPERATING DESCRIPTION

The MC33030 was designed to drive fractional horsepower DC motors and sense actuator position by voltage feedback. A typical servo application and representative internal block diagram are shown in Figure 17. The system operates by setting a voltage on the reference input of the Window Detector (Pin 1) which appears on (Pin 2). A DC motor then drives a position sensor, usually a potentiometer driven by a gear box, in a corrective fashion so that a voltage proportional to position is present at Pin 3. The servo motor will continue to run until the voltage at Pin 3 falls within the dead zone, which is centered about the reference voltage.

The Window Detector is composed of two comparators, A and B, each containing hysteresis. The reference input, common to both comparators, is pre-biased at $1/2 V_{CC}$ for simple two position servo systems and can easily be overridden by an external voltage divider. The feedback voltage present at Pin 3 is connected to the center of two resistors that are driven by an equal magnitude current source and sink. This generates an offset voltage at the input of each comparator which is centered about Pin 3 that can float virtually from V_{CC} to ground. The sum of the upper and lower offset voltages is defined as the window detector input dead zone range.

To increase system flexibility, an on-chip Error Amp is provided. It can be used to buffer and/or gain-up the actuator position voltage which has the effect of narrowing the dead zone range. A PNP differential input stage is provided so that the input common-mode voltage range will include ground. The main design goal of the error amp output stage was to be able to drive the window detector input. It typically can source 1.8 mA and sink 250 μ A. Special design considerations must be made if it is to be used for other applications.

The Power H-Switch provides a direct means for motor drive and braking with a maximum source, sink, and brake current of 1.0 A continuous. Maximum package power dissipation limits must be observed. Refer to Figure 15 for thermal information. For greater drive current requirements, a method for buffering that maintains all the system features is shown in Figure 30.

The Over-Current Monitor is designed to distinguish between motor start-up or locked rotor conditions that can occur when the actuator has reached its travel limit. A fraction of the Power H-Switch source current is internally fed into one of the two inverting inputs of the current comparator, while the non-inverting input is driven by a programmable current reference. This reference level is controlled by the resistance value selected for R_{OC} , and must be greater than the required motor run-current with its mechanical load over temperature; refer to Figure 8. During an over-current condition, the comparator will turn off and allow the current source to charge the delay capacitor, C_{DLY} . When C_{DLY} charges to a level of 7.5 V, the set input of the over-current latch will go high, disabling the drive and brake functions of the Power H-Switch. The programmable time delay is determined by the capacitance value-selected for C_{DLY} .

$$t_{DLY} = \frac{V_{ref} C_{DLY}}{I_{DLY}(\text{source})} = \frac{7.5 C_{DLY}}{5.5 \mu\text{A}} = 1.36 C_{DLY} \text{ in } \mu\text{F}$$

This system allows the Power H-Switch to supply motor start-up current for a predetermined amount of time. If the

rotor is locked, the system will time-out and shut-down. This feature eliminates the need for servo end-of-travel or limit switches. Care must be taken so as not to select too large of a capacitance value for C_{DLY} . An over-current condition for an excessively long time-out period can cause the integrated circuit to overheat and eventually fail. Again, the maximum package power dissipation limits must be observed. The over-current latch is reset upon power-up or by readjusting $V_{Pin 2}$ as to cause $V_{Pin 3}$ to enter or pass through the dead zone. This can be achieved by requesting the motor to reverse direction.

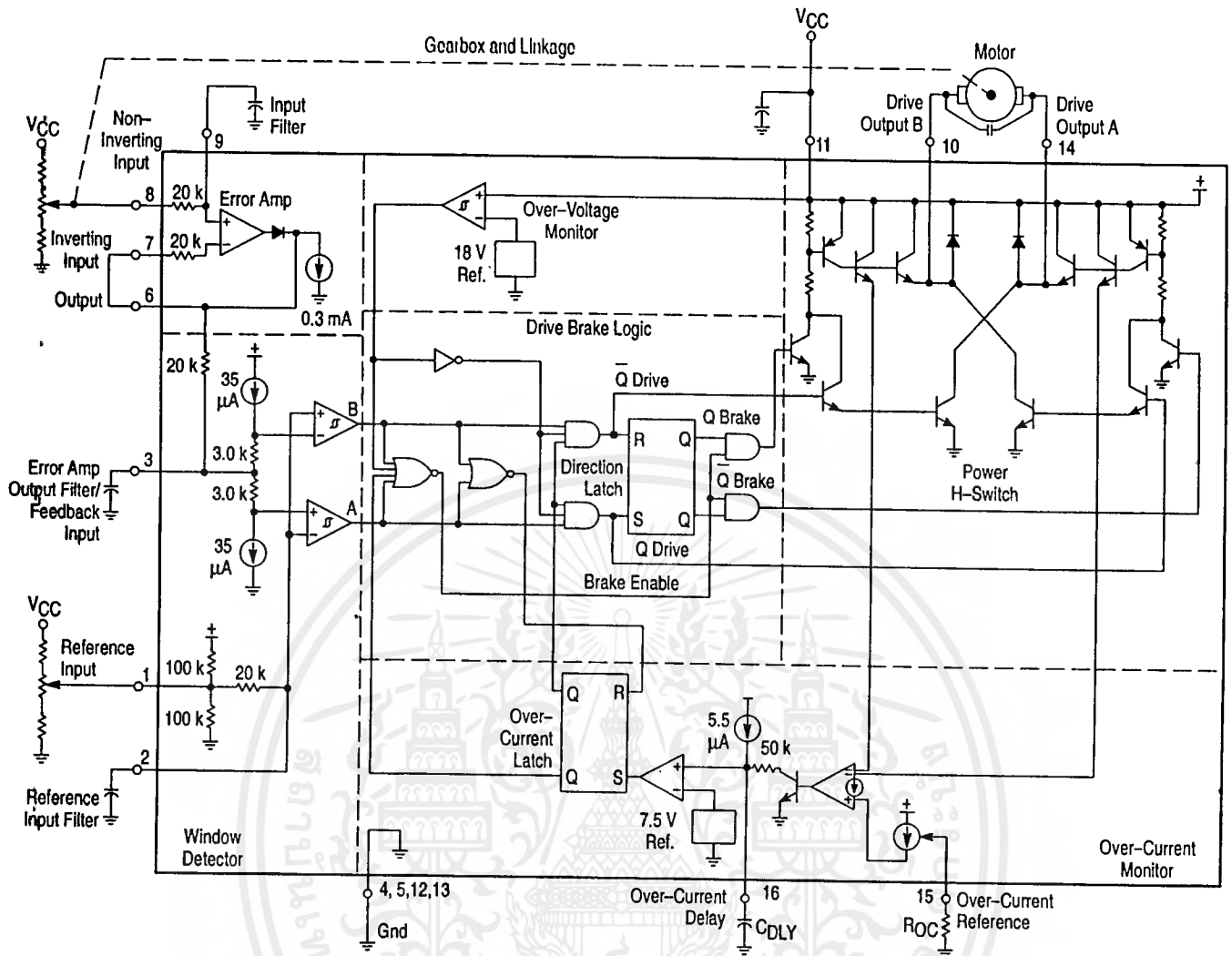
An Over-Voltage Monitor circuit provides protection for the integrated circuit and motor by disabling the Power H-Switch functions if V_{CC} should exceed 18 V. Resumption of normal operation will commence when V_{CC} falls below 17.4 V.

A timing diagram that depicts the operation of the Drive/Brake Logic section is shown in Figure 18. The waveforms grouped in [1] show a reference voltage that was preset, appearing on Pin 2, which corresponds to the desired actuator position. The true actuator position is represented by the voltage on Pin 3. The points V_1 through V_4 represent the input voltage thresholds of comparators A and B that cause a change in their respective output state. They are defined as follows:

- V_1 = Comparator B turn-off threshold
- V_2 = Comparator A turn-on threshold
- V_3 = Comparator A turn-off threshold
- V_4 = Comparator B turn-on threshold
- $V_1 - V_4$ = Comparator B input hysteresis voltage
- $V_2 - V_3$ = Comparator A input hysteresis voltage
- $V_2 - V_4$ = Window detector input dead zone range
- $I(V_2 - V_{Pin2}) - (V_{Pin2} - V_4)$ = Window detector input voltage

It must be remembered that points V_1 through V_4 always try to follow and center about the reference voltage setting if it is within the input common-mode voltage range of Pin 3; Figures 4 and 5. Initially consider that the feedback input voltage level is somewhere on the dashed line between V_2 and V_4 in [1]. This is within the dead zone range as defined above and the motor will be off. Now if the reference voltage is raised so that $V_{Pin 3}$ is less than V_4 , comparator B will turn-on [3] enabling Q Drive, causing Drive Output A to sink and B to source motor current [8]. The actuator will move in Direction B until $V_{Pin 3}$ becomes greater than V_1 . Comparator B will turn-off, activating the brake enable [4] and Q Brake [6] causing Drive Output A to go high and B to go into a high impedance state. The inertia of the mechanical system will drive the motor as a generator creating a positive voltage on Pin 10 with respect to Pin 14. The servo system can be stopped quickly, so as not to over-shoot through the dead zone range, by braking. This is accomplished by shorting the motor/generator terminals together. Brake current will flow into the diode at Drive Output B, through the internal V_{CC} rail, and out the emitter of the sourcing transistor at Drive Output A. The end of the solid line and beginning of the dashed for $V_{Pin 3}$ [1] indicates the possible resting position of the actuator after braking.

Figure 17. Representative Block Diagram and Typical Servo Application



If $V_{Pin\ 3}$ should continue to rise and become greater than V_2 , the actuator will have overshoot the dead zone range and cause the motor to run in Direction A until $V_{Pin\ 3}$ is equal to V_3 . The Drive/Brake behavior for Direction A is identical to that of B. Overshooting the dead zone range in both directions can cause the servo system to continuously hunt or oscillate. Notice that the last motor run-direction is stored in the direction latch. This information is needed to determine whether Q or Q Brake is to be enabled when $V_{Pin\ 3}$ enters the dead zone range. The dashed lines in [8,9] indicate the resulting waveforms of an over-current condition that has exceeded the programmed time delay. Notice that both Drive Outputs go into a high impedance state until $V_{Pin\ 2}$ is readjusted so that $V_{Pin\ 3}$ enters or crosses through the dead zone [7, 4].

The inputs of the Error Amp and Window Detector can be susceptible to the noise created by the brushes of the DC motor and cause the servo to hunt. Therefore, each of these inputs are provided with an internal series resistor and are pinned out for an external bypass capacitor. It has been found that placing a capacitor with short leads directly across the brushes will significantly reduce noise problems. Good quality RF bypass capacitors in the range of 0.001 to 0.1 μF may be required. Many of the more economical motors will generate significant levels of RF energy over a spectrum that extends from DC to beyond 200 MHz. The capacitance value and method of noise filtering must be determined on a system by system basis.

Thus far, the operating description has been limited to servo systems in which the motor mechanically drives a potentiometer for position sensing. Figures 19, 20, 27, and 31 show examples that use light, magnetic flux, temperature, and pressure as a means to drive the feedback element. Figures 21, 22 and 23 are examples of two position, open loop servo systems. In these systems, the motor runs the actuator to each end of its travel limit where the Over-Current Monitor detects a locked rotor condition and shuts down the drive. Figures 32 and 33 show two possible methods of using the MC33030 as a switching motor controller. In each example a fixed reference voltage is applied to Pin 2. This causes $V_{pin\ 3}$ to be less than V_4 and Drive Output A, Pin 14, to be in a low state saturating the TIP42 transistor. In Figure 32, the motor drives a tachometer that generates an ac voltage proportional to RPM. This voltage is rectified, filtered, divided down by the speed set potentiometer, and applied to Pin 8. The motor will accelerate until $V_{Pin\ 3}$ is equal to V_1 at which time Pin 14 will go to a high state and terminate the motor drive. The motor will now coast until $V_{Pin\ 3}$ is less than V_4 where upon drive is then reapplied. The system operation of Figure 31 is identical to that of 32 except the signal at Pin 3 is an amplified average of the motors drive and back EMF voltages. Both systems exhibit excellent control of RPM with variations of V_{CC} ; however, Figure 32 has somewhat better torque characteristics at low RPM.

Figure 25. Notch Filter

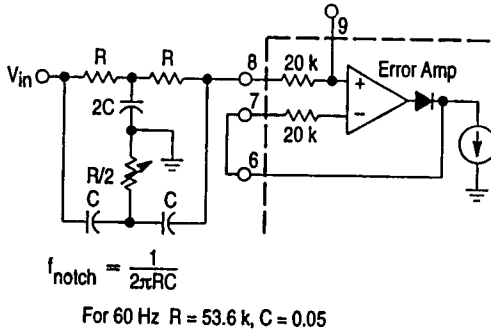


Figure 26. Differential Input Amplifier

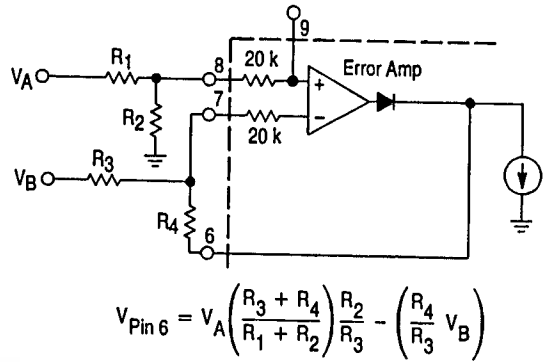
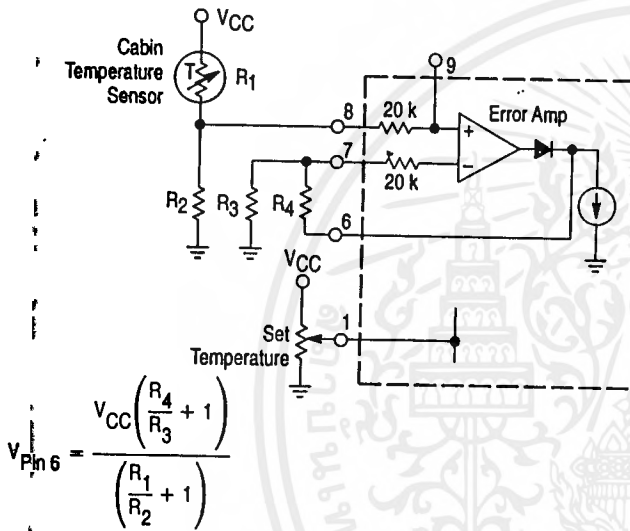


Figure 27. Temperature Sensing Servo System



In this application the servo motor drives the heat/air conditioner modulator door in a duct system.

Figure 28. Bridge Amplifier

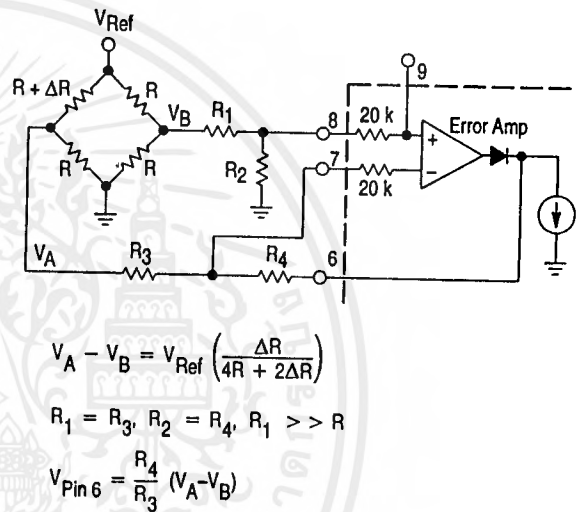
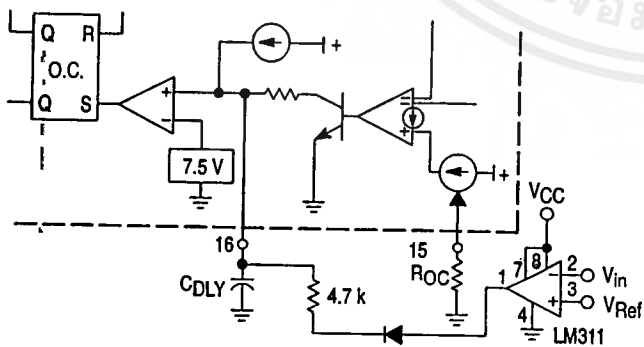
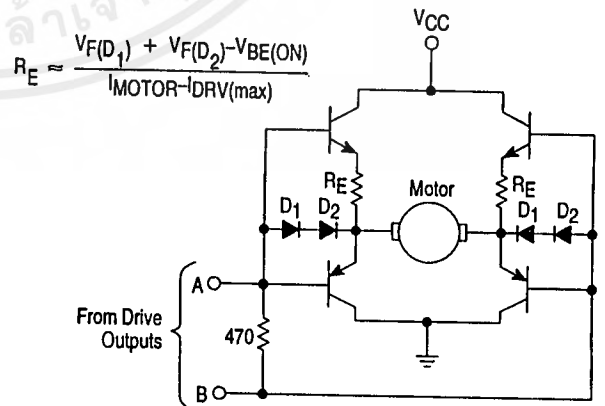


Figure 29. Remote Latched Shutdown



A direction change signal is required at Pins 2 or 3 to reset the over-current latch.

Figure 30. Power H-Switch Buffer



This circuit maintains the brake and over-current features of the MC33030. Set ROC to 15 k for IDRV(max) = 0.5 A.

UC3842A, 43A UC2842A, 43A

High Performance Current Mode Controllers

The UC3842A, UC3843A series of high performance fixed frequency current mode controllers are specifically designed for off-line and dc-to-dc converter applications offering the designer a cost effective solution with minimal external components. These integrated circuits feature a trimmed oscillator for precise duty cycle control, a temperature compensated reference, high gain error amplifier, current sensing comparator, and a high current totem pole output ideally suited for driving a power MOSFET.

Also included are protective features consisting of input and reference undervoltage lockouts each with hysteresis, cycle-by-cycle current limiting, programmable output deadtime, and a latch for single pulse metering.

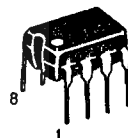
These devices are available in an 8-pin dual-in-line plastic package as well as the 14-pin plastic surface mount (SO-14). The SO-14 package has separate power and ground pins for the totem pole output stage.

The UC3842A has UVLO thresholds of 16 V (on) and 10 V (off), ideally suited for off-line converters. The UC3843A is tailored for lower voltage applications having UVLO thresholds of 8.5 V (on) and 7.6 V (off).

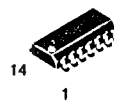
- Trimmed Oscillator Discharge Current for Precise Duty Cycle Control
- Current Mode Operation to 500 kHz
- Automatic Feed Forward Compensation
- Latching PWM for Cycle-By-Cycle Current Limiting
- Internally Trimmed Reference with Undervoltage Lockout
- High Current Totem Pole Output
- Undervoltage Lockout with Hysteresis
- Low Startup and Operating Current
- Direct Interface with Motorola SENSEFET Products

HIGH PERFORMANCE CURRENT MODE CONTROLLERS

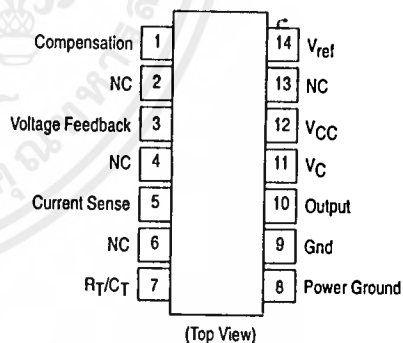
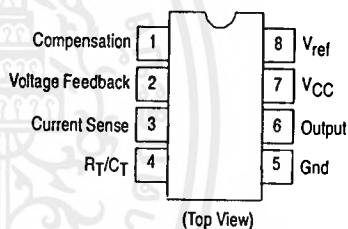
N SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 626



D SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 751A
(SO-14)



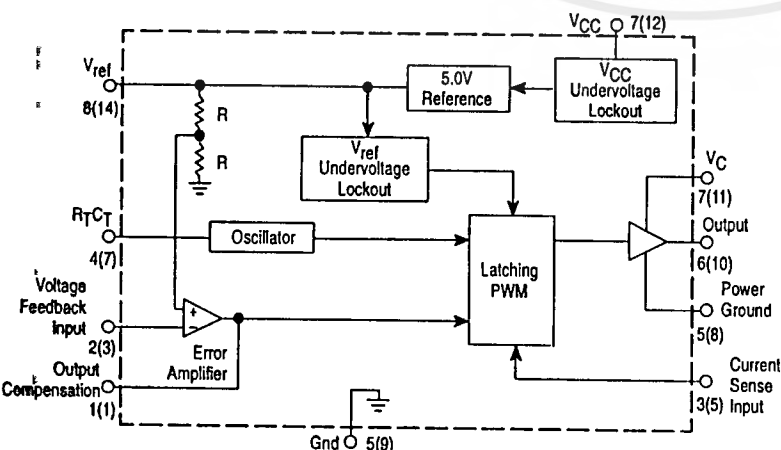
PIN CONNECTIONS



ORDERING INFORMATION

Device	Operating Temperature Range	Package
UC3842AD	T _A = 0° to +70°C	SO-14
UC3843AD		SO-14
UC3842AN		Plastic
UC3843AN		Plastic
UC2842AD	T _A = -25° to +85°C	SO-14
UC2843AD		SO-14
UC2842AN		Plastic
UC2843AN		Plastic

Simplified Block Diagram



Pin numbers in parenthesis are for the D suffix SO-14 package.

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Total Power Supply and Zener Current	$(I_{CC} + I_Z)$	30	mA
Output Current, Source or Sink (Note 1)	I_O	1.0	A
Output Energy (Capacitive Load per Cycle)	W	5.0	μJ
Current Sense and Voltage Feedback Inputs	V_{in}	-0.3 to +5.5	V
Error Amp Output Sink Current	I_O	10	mA
Power Dissipation and Thermal Characteristics			
D Suffix, Plastic Package			
Maximum Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$	P_D	862	mW
Thermal Resistance, Junction-to-Air	$R_{\theta JA}$	145	$^\circ\text{C/W}$
N Suffix, Plastic Package			
Maximum Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$	P_D	1.25	W
Thermal Resistance, Junction-to-Air	$R_{\theta JA}$	100	$^\circ\text{C/W}$
Operating Junction Temperature	T_J	+150	$^\circ\text{C}$
Operating Ambient Temperature	T_A		$^\circ\text{C}$
UC3842A, UC3843A		0 to +70	
UC2842A, UC2843A		-25 to +85	
Storage Temperature Range	T_{stg}	-65 to +150	$^\circ\text{C}$

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{CC} = 15\text{ V}$, [Note 2], $R_T = 10\text{ k}$, $C_T = 3.3\text{ nF}$, $T_A = T_{low}$ to T_{high} [Note 3], unless otherwise noted.)

Characteristics	Symbol	UC284XA			UC384XA			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	

REFERENCE SECTION

Reference Output Voltage ($I_O = 1.0\text{ mA}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$)	V_{ref}	4.95	5.0	5.05	4.9	5.0	5.1	V
Line Regulation ($V_{CC} = 12\text{ V}$ to 25 V)	Reg_{line}	-	2.0	20	-	2.0	20	mV
Load Regulation ($I_O = 1.0\text{ mA}$ to 20 mA)	Reg_{load}	-	3.0	25	-	3.0	25	mV
Temperature Stability	T_S	-	0.2	-	-	0.2	-	$\text{mV}/^\circ\text{C}$
Total Output Variation over Line, Load, Temperature	V_{ref}	4.9	-	5.1	4.82	-	5.18	V
Output Noise Voltage ($f = 10\text{ Hz}$ to 10 kHz , $T_J = 25^\circ\text{C}$)	V_n	-	50	-	-	50	-	μV
Long Term Stability ($T_A = 125^\circ\text{C}$ for 1000 Hours)	S	-	5.0	-	-	5.0	-	mV
Output Short Circuit Current	I_{SC}	-30	-85	-180	-30	-85	-180	mA

OSCILLATOR SECTION

Frequency $T_J = 25^\circ\text{C}$ $T_A = T_{low}$ to T_{high}	f_{osc}	47 46	52 -	57 60	47 46	52 -	57 60	kHz
Frequency Change with Voltage ($V_{CC} = 12\text{ V}$ to 25 V)	$\Delta f_{osc}/\Delta V$	-	0.2	1.0	-	0.2	1.0	%
Frequency Change with Temperature $T_A = T_{low}$ to T_{high}	$\Delta f_{osc}/\Delta T$	-	5.0	-	-	5.0	-	%
Oscillator Voltage Swing (Peak-to-Peak)	V_{osc}	-	1.6	-	-	1.6	-	V
Discharge Current ($V_{osc} = 2.0\text{ V}$) $T_J = 25^\circ\text{C}$ $T_A = T_{low}$ to T_{high}	I_{dischg}	7.5 7.2	8.4 -	9.3 9.5	7.5 7.2	8.4 -	9.3 9.5	mA

NOTES: 1. Maximum Package power dissipation limits must be observed.

2. Adjust V_{CC} above the Startup threshold before setting to 15 V.

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

$T_{low} = 0^\circ\text{C}$ for UC3842A, UC3843A

$T_{high} = +70^\circ\text{C}$ for UC3842A, UC3843A

-25°C for UC2842A, UC2843A

$+85^\circ\text{C}$ for UC2842A, UC2843A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึง MOTOROLA ANALOG IC DEVICE DATA

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{CC} = 15\text{ V}$, [Note 2], $R_T = 10\text{ k}$, $C_T = 3.3\text{ nF}$, $T_A = T_{\text{low}}$ to T_{high} [Note 3], unless otherwise noted.)

Characteristics	Symbol	UC284XA			UC384XA			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	

ERROR AMPLIFIER SECTION

Voltage Feedback Input ($V_O = 2.5\text{ V}$)	V_{FB}	2.45	2.5	2.55	2.42	2.5	2.58	V
Input Bias Current ($V_{FB} = 2.7\text{ V}$)	I_{IB}	–	–0.1	–1.0	–	–0.1	–2.0	μA
Open Loop Voltage Gain ($V_O = 2.0\text{ V}$ to 4.0 V)	A_{VOL}	65	90	–	65	90	–	dB
Unity Gain Bandwidth ($T_J = 25^\circ\text{C}$)	BW	0.7	1.0	–	0.7	1.0	–	MHz
Power Supply Rejection Ratio ($V_{CC} = 12\text{ V}$ to 25 V)	PSRR	60	70	–	60	70	–	dB
Output Current Sink ($V_O = 1.1\text{ V}$, $V_{FB} = 2.7\text{ V}$) Source ($V_O = 5.0\text{ V}$, $V_{FB} = 2.3\text{ V}$)	I_{Sink} I_{Source}	2.0 –0.5	12 –1.0	– –	2.0 –0.5	12 –1.0	– –	mA
Output Voltage Swing High State ($R_L = 15\text{ k}$ to ground, $V_{FB} = 2.3\text{ V}$) Low State ($R_L = 15\text{ k}$ to V_{ref} , $V_{FB} = 2.7\text{ V}$)	V_{OH} V_{OL}	5.0 –	6.2 0.8	– 1.1	5.0 –	6.2 0.8	– 1.1	V

CURRENT SENSE SECTION

Current Sense Input Voltage Gain (Notes 4 & 5)	A_V	2.85	3.0	3.15	2.85	3.0	3.15	V/V
Maximum Current Sense Input Threshold (Note 4)	V_{th}	0.9	1.0	1.1	0.9	1.0	1.1	V
Power Supply Rejection Ratio $V_{CC} = 12$ to 25 V (Note 4)	PSRR	–	70	–	–	70	–	dB
Input Bias Current	I_{IB}	–	–2.0	–10	–	–2.0	–10	μA
Propagation Delay (Current Sense Input to Output)	$t_{PLH}(\text{in/out})$	–	150	300	–	150	300	ns

OUTPUT SECTION

Output Voltage Low State ($I_{\text{Sink}} = 20\text{ mA}$) ($I_{\text{Sink}} = 200\text{ mA}$) High State ($I_{\text{Sink}} = 20\text{ mA}$) ($I_{\text{Sink}} = 200\text{ mA}$)	V_{OL} V_{OH}	– – 13 12	0.1 1.6 13.5 13.4	0.4 2.2 – –	– – 13 12	0.1 1.6 13.5 13.4	0.4 2.2 – –	V
Output Voltage with UVLO Activated $V_{CC} = 6.0\text{ V}$, $I_{\text{Sink}} = 1.0\text{ mA}$	$V_{OL}(\text{UVLO})$	–	0.1	1.1	–	0.1	1.1	V
Output Voltage Rise Time ($C_L = 1.0\text{ nF}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$)	t_r	–	50	150	–	50	150	ns
Output Voltage Fall Time ($C_L = 1.0\text{ nF}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$)	t_f	–	50	150	–	50	150	ns

UNDERVOLTAGE LOCKOUT SECTION

Startup Threshold UCX842A UCX843A	V_{th}	15 7.8	16 8.4	17 9.0	14.5 7.8	16 8.4	17.5 9.0	V
Minimum Operating Voltage After Turn-On UCX842A UCX843A	$V_{CC}(\text{min})$	9.0 7.0	10 7.6	11 8.2	8.5 7.0	10 7.6	11.5 8.2	V

PWM SECTION

Duty Cycle Maximum Minimum	DC_{max} DC_{min}	94 –	96 –	– 0	94 –	96 –	– 0	%
----------------------------------	--	---------	---------	--------	---------	---------	--------	---

TOTAL DEVICE

Power Supply Current (Note 2) Startup: ($V_{CC} = 6.5\text{ V}$ for UCX843A, 14 V for UCX842A) Operating	I_{CC}	– –	0.5 12	1.0 17	– –	0.5 12	1.0 17	mA
Power Supply Zener Voltage ($I_{CC} = 25\text{ mA}$)	V_Z	30	36	–	30	36	–	V

NOTES: 2. Adjust V_{CC} above the Startup threshold before setting to 15 V.

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

$T_{\text{low}} = 0^\circ\text{C}$ for UC3842A, UC3843A

–25°C for UC2842A, UC2843A

$T_{\text{high}} = +70^\circ\text{C}$ for UC3842A, UC3843A

+85°C for UC2842A, UC2843A

4. This parameter is measured at the latch trip point with $V_{FB} = 0\text{ V}$.

5. Comparator gain is defined as: $A_V = \frac{\Delta V \text{ Output Compensation}}{\Delta V \text{ Current Sense Input}}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

Figure 17. Representative Block Diagram

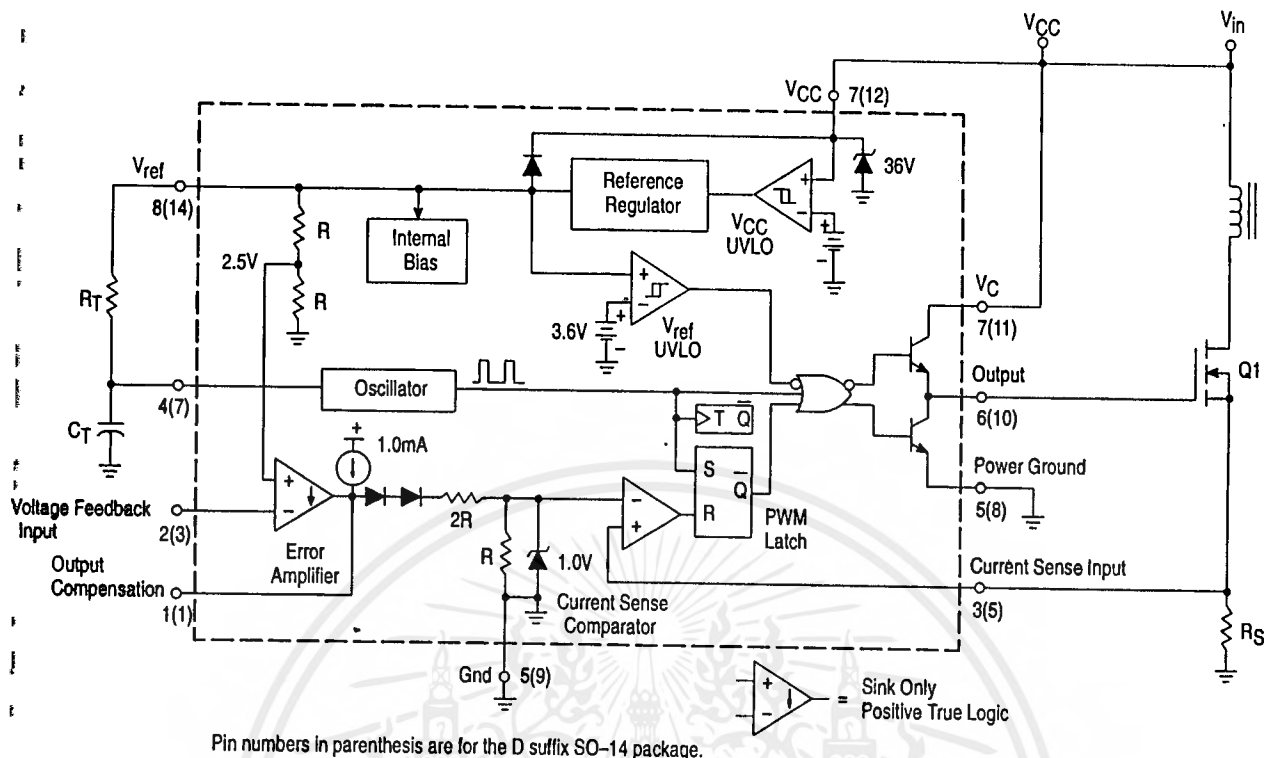
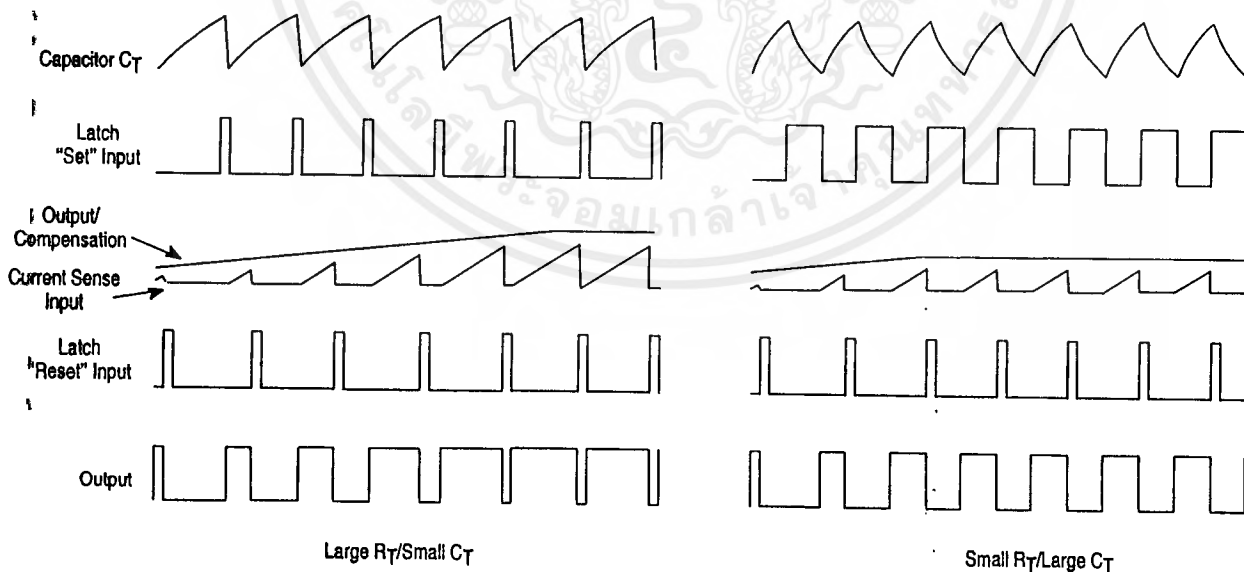


Figure 18. Timing Diagram



The UC3842A, UC3843A series are high performance, fixed frequency, current mode controllers. They are specifically designed for Off-Line and dc-to-dc converter applications offering the designer a cost effective solution with minimal external components. A representative block diagram is shown in Figure 17.

Oscillator

The oscillator frequency is programmed by the values selected for the timing components R_T and C_T . Capacitor C_T is charged from the 5.0 V reference through resistor R_T to approximately 2.8 V and discharged to 1.2 V by an internal current sink. During the discharge of C_T , the oscillator generates and internal blanking pulse that holds the center input of the NOR gate high. This causes the Output to be in a low state, thus producing a controlled amount of output deadtime. Figure 1 shows R_T versus Oscillator Frequency and Figure 2, Output Deadtime versus Frequency, both for given values of C_T . Note that many values of R_T and C_T will give the same oscillator frequency but only one combination will yield a specific output deadtime at a given frequency. The oscillator thresholds are temperature compensated, and the discharge current is trimmed and guaranteed to within $\pm 10\%$ at $T_J = 25^\circ\text{C}$. These internal circuit refinements minimize variations of oscillator frequency and maximum output duty cycle. The results are shown in Figures 3 and 4.

In many noise sensitive applications it may be desirable to frequency-lock the converter to an external system clock. This can be accomplished by applying a clock signal to the circuit shown in Figure 20. For reliable locking, the free-running oscillator frequency should be set about 10% less than the clock frequency. A method for multi unit synchronization is shown in Figure 21. By tailoring the clock waveform, accurate Output duty cycle clamping can be achieved.

Error Amplifier

A fully compensated Error Amplifier with access to the inverting input and output is provided. It features a typical dc voltage gain of 90 dB, and a unity gain bandwidth of 1.0 MHz with 57 degrees of phase margin (Figure 7). The noninverting input is internally biased at 2.5 V and is not pinned out. The converter output voltage is typically divided down and monitored by the inverting input. The maximum input bias current is $-2.0 \mu\text{A}$ which can cause an output voltage error that is equal to the product of the input bias current and the equivalent input divider source resistance.

The Error Amp Output (Pin 1) is provide for external loop compensation (Figure 30). The output voltage is offset by two diode drops ($\approx 1.4 \text{ V}$) and divided by three before it connects to the inverting input of the Current Sense Comparator. This guarantees that no drive pulses appear at the Output (Pin 6) when Pin 1 is at its lowest state (V_{OL}). This occurs when the power supply is operating and the load is removed, or at the beginning of a soft-start interval (Figures 23, 24). The Error Amp minimum feedback resistance is limited by the

amplifier's source current (0.5 mA) and the required output voltage (V_{OH}) to reach the comparator's 1.0 V clamp level:

$$R_f(\text{min}) \approx \frac{3.0 (1.0 \text{ V}) + 1.4 \text{ V}}{0.5 \text{ mA}} = 8800 \Omega$$

Current Sense Comparator and PWM Latch

The UC3842A, UC3843A operate as a current mode controller, whereby output switch conduction is initiated by the oscillator and terminated when the peak inductor current reaches the threshold level established by the Error Amplifier Output/Compensation (Pin1). Thus the error signal controls the peak inductor current on a cycle-by-cycle basis. The current Sense Comparator PWM Latch configuration used ensures that only a single pulse appears at the Output during any given oscillator cycle. The inductor current is converted to a voltage by inserting the ground referenced sense resistor R_S in series with the source of output switch Q1. This voltage is monitored by the Current Sense Input (Pin 3) and compared a level derived from the Error Amp Output. The peak inductor current under normal operating conditions is controlled by the voltage at pin 1 where:

$$I_{pk} = \frac{V(\text{Pin } 1) - 1.4 \text{ V}}{3 R_S}$$

Abnormal operating conditions occur when the power supply output is overloaded or if output voltage sensing is lost. Under these conditions, the Current Sense Comparator threshold will be internally clamped to 1.0 V. Therefore the maximum peak switch current is:

$$I_{pk}(\text{max}) = \frac{1.0 \text{ V}}{R_S}$$

When designing a high power switching regulator it becomes desirable to reduce the internal clamp voltage in order to keep the power dissipation of R_S to a reasonable level. A simple method to adjust this voltage is shown in Figure 22. The two external diodes are used to compensate the internal diodes yielding a constant clamp voltage over temperature. Erratic operation due to noise pickup can result if there is an excessive reduction of the $I_{pk}(\text{max})$ clamp voltage.

A narrow spike on the leading edge of the current waveform can usually be observed and may cause the power supply to exhibit an instability when the output is lightly loaded. This spike is due to the power transformer interwinding capacitance and output rectifier recovery time. The addition of an RC filter on the Current Sense Input with a time constant that approximates the spike duration will usually eliminate the instability; refer to Figure 26.

PIN FUNCTION DESCRIPTION

Pin		Function	Description
8-Pin	14-Pin		
1	1	Compensation	This pin is Error Amplifier output and is made available for loop compensation.
2	3	Voltage Feedback	This is the inverting input of the Error Amplifier. It is normally connected to the switching power supply output through a resistor divider.
3	5	Current Sense	A voltage proportional to inductor current is connected to this input. The PWM uses this information to terminate the output switch conduction.
4	7	R_T/C_T	The Oscillator frequency and maximum Output duty cycle are programmed by connecting resistor R_T to V_{ref} and capacitor C_T to ground. Operation to 500 kHz is possible.
5	-	Gnd	This pin is the combined control circuitry and power ground (8-pin package only).
6	10	Output	This output directly drives the gate of a power MOSFET. Peak currents up to 1.0 A are sourced and sunk by this pin.
7	12	V_{CC}	This pin is the positive supply of the control IC.
8	14	V_{ref}	This is the reference output. It provides charging current for capacitor C_T through resistor R_T .
-	8	Power Ground	This pin is a separate power ground return (14-pin package only) that is connected back to the power source. It is used to reduce the effects of switching transient noise on the control circuitry.
-	11	V_C	The Output high state (V_{OH}) is set by the voltage applied to this pin (14-pin package only). With a separate power source connection, it can reduce the effects of switching transient noise on the control circuitry.
-	9	Gnd	This pin is the control circuitry ground return (14-pin package only) and is connected back to the power source ground.
-	2,4,6,13	NC	No connection (14-pin package only). These pins are not internally connected.

Undervoltage Lockout

Two undervoltage lockout comparators have been incorporated to guarantee that the IC is fully functional before the output stage is enabled. The positive power supply terminal (V_{CC}) and the reference output (V_{ref}) are each monitored by separate comparators. Each has built-in hysteresis to prevent erratic output behavior as their respective thresholds are crossed. The V_{CC} comparator upper and lower thresholds are 16 V/10 V for the UCX842A, and 8.4 V/7.6 V for the UCX843A. The V_{ref} comparator upper and lower thresholds are 3.6V/3.4 V. The large hysteresis and low startup current of the UCX842A makes it ideally suited in off-line converter applications where efficient bootstrap startup techniques are required (Figure 33). The UCX843A is intended for lower voltage dc to dc converter applications. A 36 V zener is connected as a shunt regulator from V_{CC} to ground. Its purpose is to protect the IC from excessive voltage that can occur during system startup. The minimum operating voltage for the UCX842A is 11 V and 8.2 V for the UCX843A.

Output

These devices contain a single totem pole output stage that was specifically designed for direct drive of power MOSFETs. It is capable of up to ± 1.0 A peak drive current and

has a typical rise and fall time of 50 ns with a 1.0 nF load. Additional internal circuitry has been added to keep the Output in a sinking mode whenever an undervoltage lockout is active. This characteristic eliminates the need for an external pull-down resistor.

The SO-14 surface mount package provides separate pins for V_C (output supply) and Power Ground. Proper implementation will significantly reduce the level of switching transient noise imposed on the control circuitry. This becomes particularly useful when reducing the $I_{pk(max)}$ clamp level. The separate V_C supply input allows the designer added flexibility in tailoring the drive voltage independent of V_{CC} . A zener clamp is typically connected to this input when driving power MOSFETs in systems where V_{CC} is greater than 20 V. Figure 25 shows proper power and control ground connections in a current sensing power MOSFET application.

Reference

The 5.0 V bandgap reference is trimmed to $\pm 1.0\%$ tolerance at $T_J = 25^\circ\text{C}$ on the UC284XA, and $\pm 2.0\%$ on the UC384XA. Its primary purpose is to supply charging current to the oscillator timing capacitor. The reference has short circuit protection and is capable of providing in excess of 20 mA for powering additional control system circuitry.

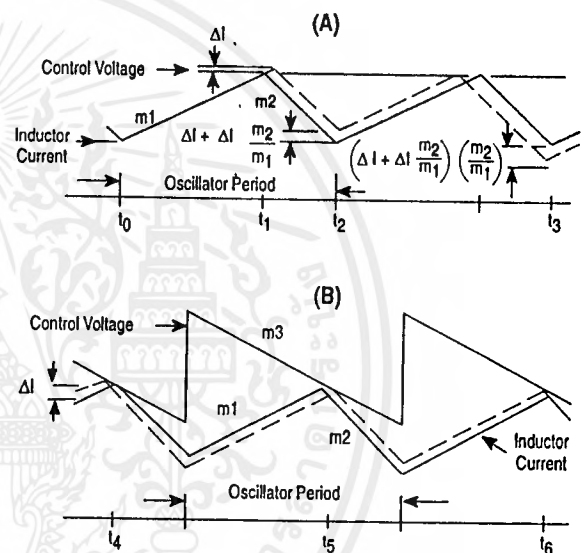
DESIGN CONSIDERATIONS

Do not attempt to construct the converter on wire-wrap or plug-in prototype boards. High Frequency circuit layout techniques are imperative to prevent pulsewidth jitter. This is usually caused by excessive noise pick-up imposed on the Current Sense or Voltage Feedback inputs. Noise immunity can be improved by lowering circuit impedances at these points. The printed circuit layout should contain a ground plane with low-current signal and high-current switch and output grounds returning on separate paths back to the input filter capacitor. Ceramic bypass capacitors (0.1 μF) connected directly to V_{CC} , V_C , and V_{REF} may be required depending upon circuit layout. This provides a low impedance path for filtering the high frequency noise. All high current loops should be kept as short as possible using heavy copper runs to minimize radiated EMI. The Error Amp compensation circuitry and the converter output voltage divider should be located close to the IC and as far as possible from the power switch and other noise generating components.

Current mode converters can exhibit subharmonic oscillations when operating at a duty cycle greater than 50% with continuous inductor current. This instability is independent of the regulators closed-loop characteristics and is caused by the simultaneous operating conditions of fixed frequency and peak current detecting. Figure 19A shows the phenomenon graphically. At t_0 , switch conduction begins, causing the inductor current to rise at a slope of m_1 . This slope is a function of the input voltage divided by the inductance. At t_1 , the Current Sense Input reaches the threshold established by the control voltage. This causes the switch to turn off and the current to decay at a slope of m_2 until the next oscillator cycle. The unstable condition can be shown if a perturbation is added to the control voltage, resulting in a small ΔI (dashed line). With a fixed oscillator period, the current decay time is reduced, and the minimum current at switch turn-on (t_2) is increased by $\Delta I + \Delta I \frac{m_2}{m_1}$. The minimum current at the next cycle (t_3) decreases to $(\Delta I + \Delta I \frac{m_2}{m_1}) (\frac{m_2}{m_1})$. This perturbation is multiplied by $m_2 \cdot m_1$ on

each succeeding cycle, alternately increasing and decreasing the inductor current at switch turn-on. Several oscillator cycles may be required before the inductor current reaches zero causing the process to commence again. If m_2/m_1 is greater than 1, the converter will be unstable. Figure 19B shows that by adding an artificial ramp that is synchronized with the PWM clock to the control voltage, the ΔI perturbation will decrease to zero on succeeding cycles. This compensating ramp (m_3) must have a slope equal to or slightly greater than $m_2/2$ for stability. With $m_2/2$ slope compensation, the average inductor current follows the control voltage yielding true current mode operation. The compensating ramp can be derived from the oscillator and added to either the Voltage Feedback or Current Sense inputs (Figure 32).

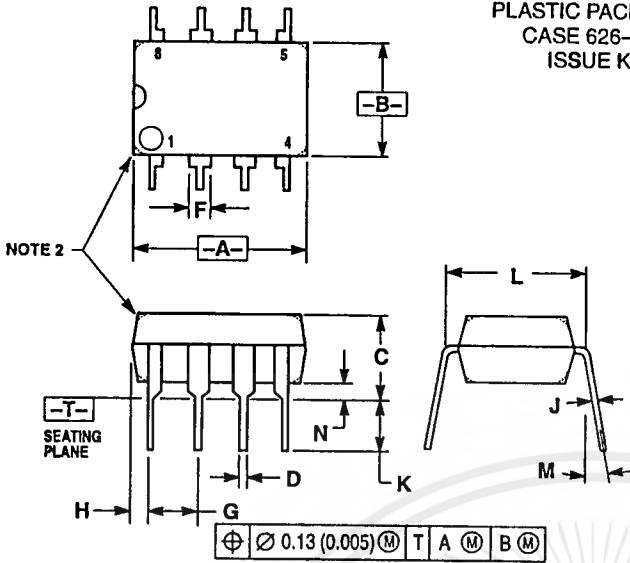
Figure 19. Continuous Current Waveforms



UC3842A, 43A UC2842A, 43A

OUTLINE DIMENSIONS

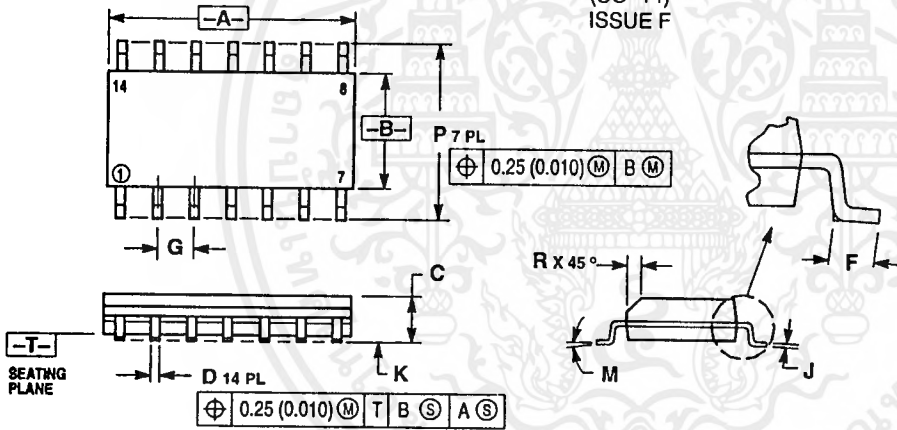
N SUFFIX PLASTIC PACKAGE CASE 626-05 ISSUE K



- NOTES:
1. DIMENSION L TO CENTER OF LEAD WHEN FORMED PARALLEL.
 2. PACKAGE CONTOUR OPTIONAL (ROUND OR SQUARE CORNERS).
 3. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	9.40	10.16	0.370	0.400
B	6.10	6.60	0.240	0.260
C	3.94	4.45	0.155	0.175
D	0.38	0.51	0.015	0.020
F	1.02	1.78	0.040	0.070
G	2.54 BSC		0.100 BSC	
H	0.78	1.27	0.030	0.050
J	0.20	0.30	0.008	0.012
K	2.92	3.43	0.115	0.135
L	7.62 BSC		0.300 BSC	
M	10°		10°	
N	0.76	1.01	0.030	0.040

D SUFFIX PLASTIC PACKAGE CASE 751A-03 (SO-14) ISSUE F



- 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	8.55	8.75	0.337	0.344
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°	
P	5.80	6.20	0.228	0.244
R	0.25	0.50	0.010	0.019

Motorola reserves the right to make changes without further notice to any products herein. Motorola makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does Motorola assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in Motorola data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. Motorola does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. Motorola products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the Motorola product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use Motorola products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold Motorola and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that Motorola was negligent regarding the design or manufacture of the part. Motorola and registered trademarks of Motorola, Inc. Motorola, Inc. is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer.

How to reach us:
 USA/EUROPE/Locations Not Listed: Motorola Literature Distribution;
 P.O. Box 20912; Phoenix, Arizona 85036. 1-800-441-2447 or 602-303-5454

JAPAN: Nippon Motorola Ltd.; Tatsumi-SPD-JLDC, 6F Seibu-Butsuryu-Center,
 3-14-2 Tatsumi Koto-Ku, Tokyo 135, Japan. 03-81-3521-8315

MFAX: RMFAX0@email.sps.mot.com - TOUCHTONE 602-244-6609
 INTERNET: http://Design-NET.com

ASIA/PACIFIC: Motorola Semiconductors H.K. Ltd.; 8B Tai Ping Industrial Park,
 51 Ting Kok Road, Tai Po, N.T., Hong Kong. 852-26629298

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

MOTOROLA

บริษัทฯ ขอสงวนสิทธิ์ในข้อมูลและข้อกำหนดทางเทคนิคที่มีผล ณ วันที่พิมพ์เอกสารนี้

UC3842A/D



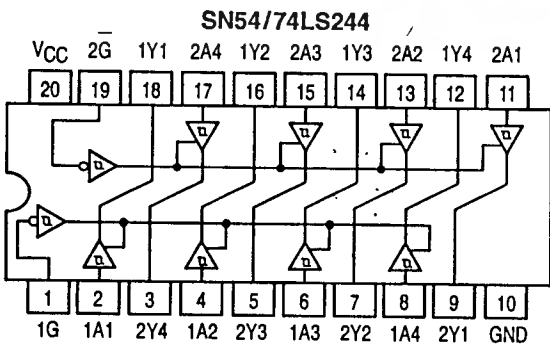
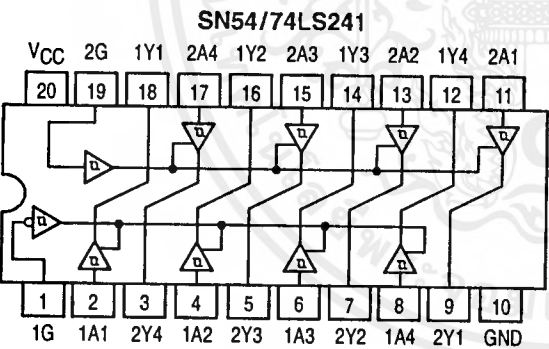
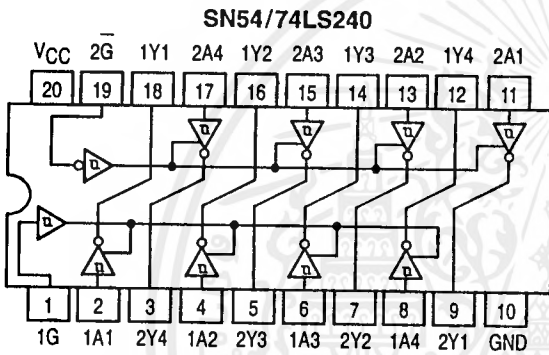


OCTAL BUFFER/LINE DRIVER WITH 3-STATE OUTPUTS

The SN54/74LS240, 241 and 244 are Octal Buffers and Line Drivers designed to be employed as memory address drivers, clock drivers and bus-oriented transmitters/receivers which provide improved PC board density.

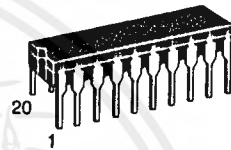
- Hysteresis at Inputs to Improve Noise Margins
- 3-State Outputs Drive Bus Lines or Buffer Memory Address Registers
- Input Clamp Diodes Limit High-Speed Termination Effects

LOGIC AND CONNECTION DIAGRAMS DIP (TOP VIEW)

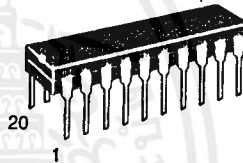


**SN54/74LS240
 SN54/74LS241
 SN54/74LS244**

**OCTAL BUFFER/LINE DRIVER WITH 3-STATE OUTPUTS
 LOW POWER SCHOTTKY**



**J SUFFIX
 CERAMIC
 CASE 732-03**



**N SUFFIX
 PLASTIC
 CASE 738-03**



**DW SUFFIX
 SOIC
 CASE 751D-03**

ORDERING INFORMATION

SN54LSXXXJ Ceramic
 SN74LSXXXN Plastic
 SN74LSXXXDW SOIC

SN54/74LS240 • SN54/74LS241 • SN54/74LS244

TRUTH TABLES

SN54/74LS240

INPUTS		OUTPUT
1G, 2G	D	
L	L	H
L	H	L
H	X	(Z)

SN54/74LS244

INPUTS		OUTPUT
1G, 2G	D	
L	L	L
L	H	H
H	X	(Z)

SN54/74LS241

INPUTS		OUTPUT	INPUTS		OUTPUT
1G	D		2G	D	
L	L	L	H	L	L
L	H	H	H	H	H
H	X	(Z)	L	X	(Z)

H = HIGH Voltage Level
 L = LOW Voltage Level
 X = Immaterial
 Z = HIGH Impedance

GUARANTEED OPERATING RANGES

Symbol	Parameter		Min	Typ	Max	Unit
V _{CC}	Supply Voltage	54 74	4.5 4.75	5.0 5.0	5.5 5.25	V
T _A	Operating Ambient Temperature Range	54 74	-55 0	25 25	125 70	°C
I _{OH}	Output Current — High	54, 74			-3.0	mA
		54 74			-12 -15	mA
I _{OL}	Output Current — Low	54 74			12 24	mA

SN54/74LS240 • SN54/74LS241 • SN54/74LS244

DC CHARACTERISTICS OVER OPERATING TEMPERATURE RANGE (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter		Limits			Unit	Test Conditions	
			Min	Typ	Max			
V_{IH}	Input HIGH Voltage		2.0			V	Guaranteed Input HIGH Voltage for All Inputs	
V_{IL}	Input LOW Voltage	54			0.7	V	Guaranteed Input LOW Voltage for All Inputs	
		74			0.8			
$V_{T+}-V_{T-}$	Hysteresis		0.2	0.4		V	$V_{CC} = \text{MIN}$	
V_{IK}	Input Clamp Diode Voltage			-0.65	-1.5	V	$V_{CC} = \text{MIN}$, $I_{IN} = -18 \text{ mA}$	
V_{OH}	Output HIGH Voltage	54, 74	2.4	3.4		V	$V_{CC} = \text{MIN}$, $I_{OH} = -3.0 \text{ mA}$	
		54, 74	2.0			V	$V_{CC} = \text{MIN}$, $I_{OH} = \text{MAX}$	
V_{OL}	Output LOW Voltage	54, 74		0.25	0.4	V	$I_{OL} = 12 \text{ mA}$	$V_{CC} = V_{CC} \text{ MIN}$, $V_{IN} = V_{IL} \text{ or } V_{IH}$ per Truth Table
		74		0.35	0.5	V	$I_{OL} = 24 \text{ mA}$	
I_{OZH}	Output Off Current HIGH				20	μA	$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_{OUT} = 2.7 \text{ V}$	
I_{OZL}	Output Off Current LOW				-20	μA	$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_{OUT} = 0.4 \text{ V}$	
I_{IH}	Input HIGH Current				20	μA	$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_{IN} = 2.7 \text{ V}$	
					0.1	mA	$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_{IN} = 7.0 \text{ V}$	
I_{IL}	Input LOW Current				-0.2	mA	$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_{IN} = 0.4 \text{ V}$	
I_{OS}	Output Short Circuit Current (Note 1)		-40		-225	mA	$V_{CC} = \text{MAX}$	
I_{CC}	Power Supply Current Total, Output HIGH				27	mA	$V_{CC} = \text{MAX}$	
	Total, Output LOW	LS240			44			
		LS241/244			46			
	Total at HIGH Z	LS240			50			
LS241/244				54				

Note 1: Not more than one output should be shorted at a time, nor for more than 1 second.

AC CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{CC} = 5.0 \text{ V}$)

Symbol	Parameter		Limits			Unit	Test Conditions	
			Min	Typ	Max			
t_{PLH} t_{PHL}	Propagation Delay, Data to Output LS240			9.0	14	ns	$C_L = 45 \text{ pF}$, $R_L = 667 \Omega$	
				12	18			
t_{PLH} t_{PHL}	Propagation Delay, Data to Output LS241/244			12	18	ns		
				12	18			
t_{pZH}	Output Enable Time to HIGH Level			15	23	ns		
t_{pZL}	Output Enable Time to LOW Level			20	30	ns		
t_{PLZ}	Output Disable Time from LOW Level			15	25	ns	$C_L = 5.0 \text{ pF}$, $R_L = 667 \Omega$	
t_{PHZ}	Output Disable Time from HIGH Level			10	18	ns		

SN54/74LS240 • SN54/74LS241 • SN54/74LS244

AC WAVEFORMS

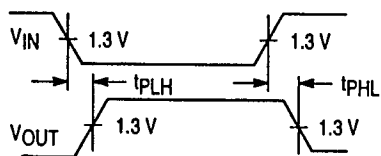


Figure 1

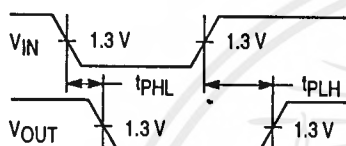


Figure 2

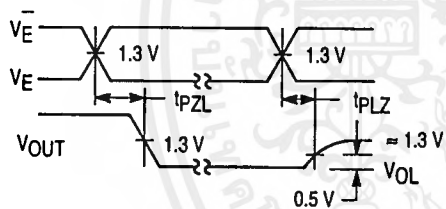


Figure 3

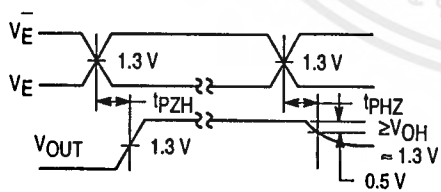
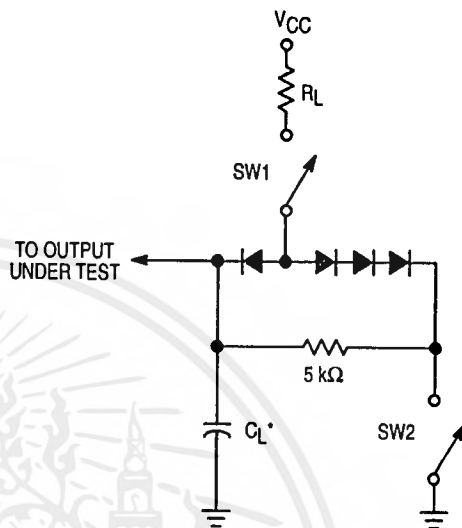


Figure 4



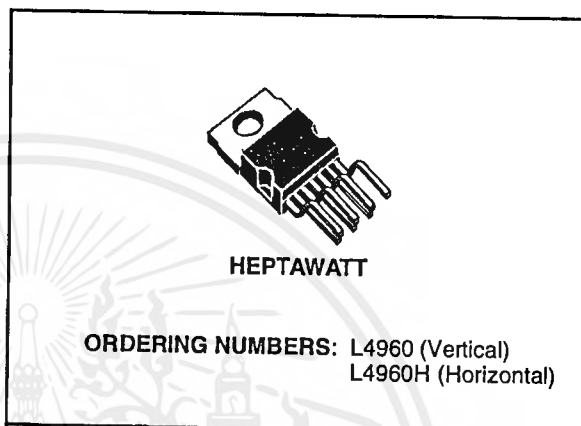
SWITCH POSITIONS

SYMBOL	SW1	SW2
t _{PZH}	Open	Closed
t _{PZL}	Closed	Open
t _{PLZ}	Closed	Closed
t _{PHZ}	Closed	Closed

Figure 5

2.5A POWER SWITCHING REGULATOR

- 2.5A OUTPUT CURRENT
- 5.1V TO 40V OUTPUT VOLTAGE RANGE
- PRECISE ($\pm 2\%$) ON-CHIP REFERENCE
- HIGH SWITCHING FREQUENCY
- VERY HIGH EFFICIENCY (UP TO 90%)
- VERY FEW EXTERNAL COMPONENTS
- SOFT START
- INTERNAL LIMITING CURRENT
- THERMAL SHUTDOWN



DESCRIPTION

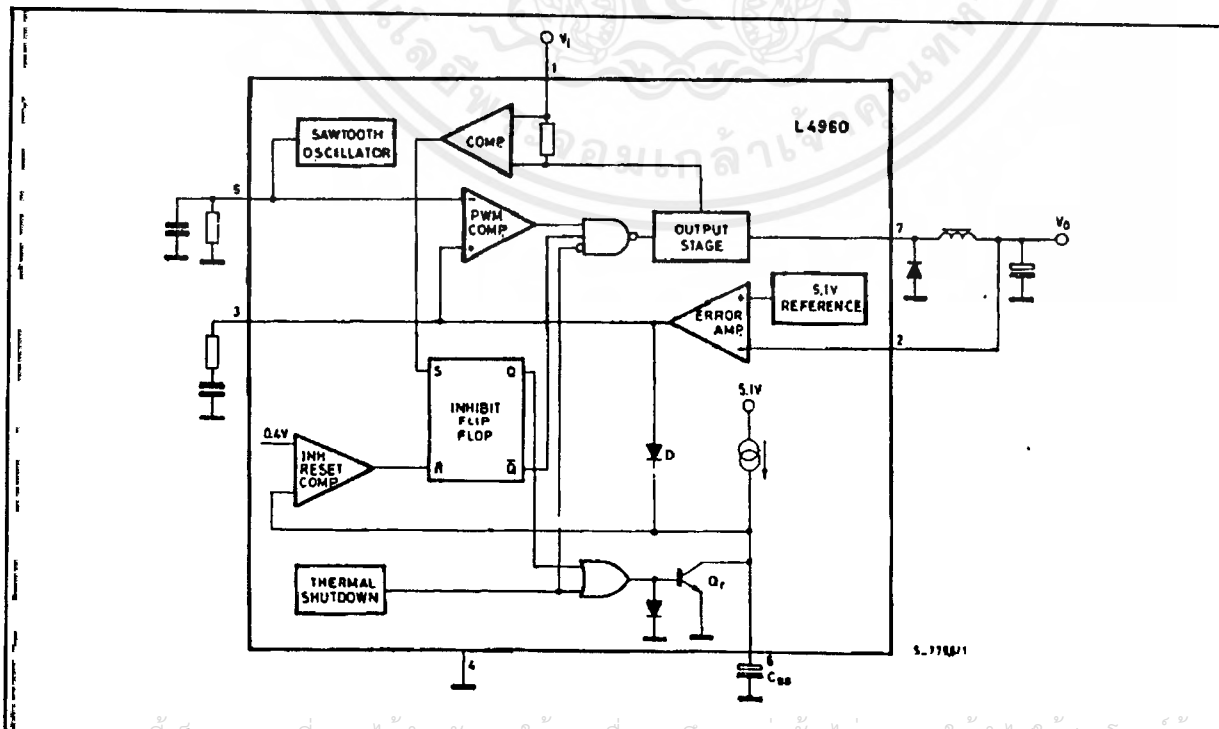
The L4960 is a monolithic power switching regulator delivering 2.5A at a voltage variable from 5V to 40V in step-down configuration.

Features of the device include current limiting, soft start, thermal protection and 0 to 100% duty cycle for continuous operation mode.

The L4960 is mounted in a Heptawatt plastic power package and requires very few external components.

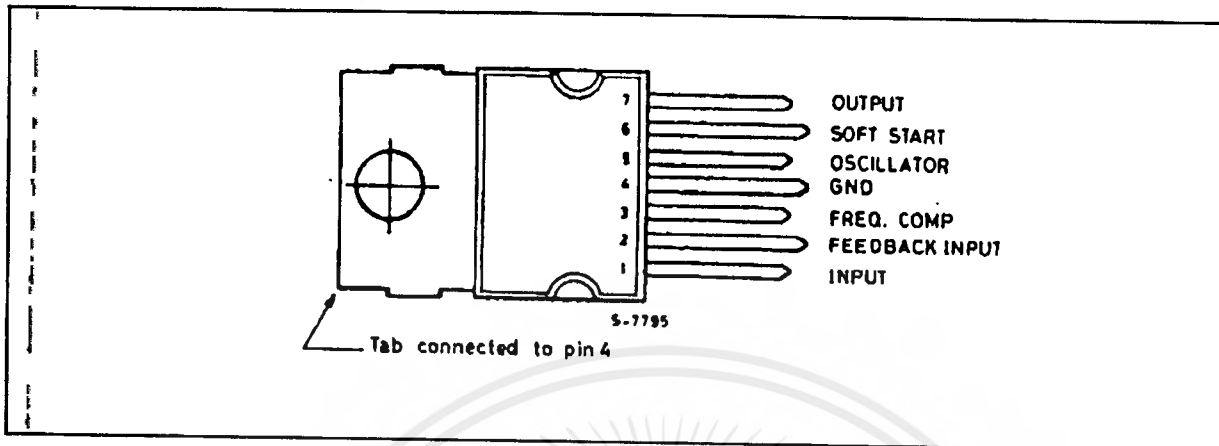
Efficient operation at switching frequencies up to 150KHz allows a reduction in the size and cost of external filter components.

BLOCK DIAGRAM



L4960

PIN CONNECTION (Top view)



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_1	Input voltage	50	V
$V_1 - V_7$	Input to output voltage difference	50	V
V_7	Negative output DC voltage	-1	V
	Negative output peak voltage at $t = 0.1\mu\text{s}; f = 100\text{KHz}$	-5	V
V_3, V_6	Voltage at pin 3 and 6	5.5	V
V_2	Voltage at pin 2	7	V
I_3	Pin 3 sink current	1	mA
I_5	Pin 5 source current	20	mA
P_{tot}	Power dissipation at $T_{case} \leq 90^\circ\text{C}$	15	W
T_j, T_{sig}	Junction and storage temperature	-40 to 150	$^\circ\text{C}$

PIN FUNCTIONS

N°	NAME	FUNCTION
1	SUPPLY VOLTAGE	Unregulated voltage input. An internal regulator powers the internal logic.
2	FEEDBACK INPUT	The feedback terminal of the regulation loop. The output is connected directly to this terminal for 5.1V operation; it is connected via a divider for higher voltages.
3	FREQUENCY COMPENSATION	A series RC network connected between this terminal and ground determines the regulation loop gain characteristics.
4	GROUND	Common ground terminal.
5	OSCILLATOR	A parallel RC network connected to this terminal determines the switching frequency.
6	SOFT START	Soft start time constant. A capacitor is connected between this terminal and ground to define the soft start time constant. This capacitor also determines the average short circuit output current.
7	OUTPUT	Regulator output.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

L4960

Figure 3. Test and application circuit

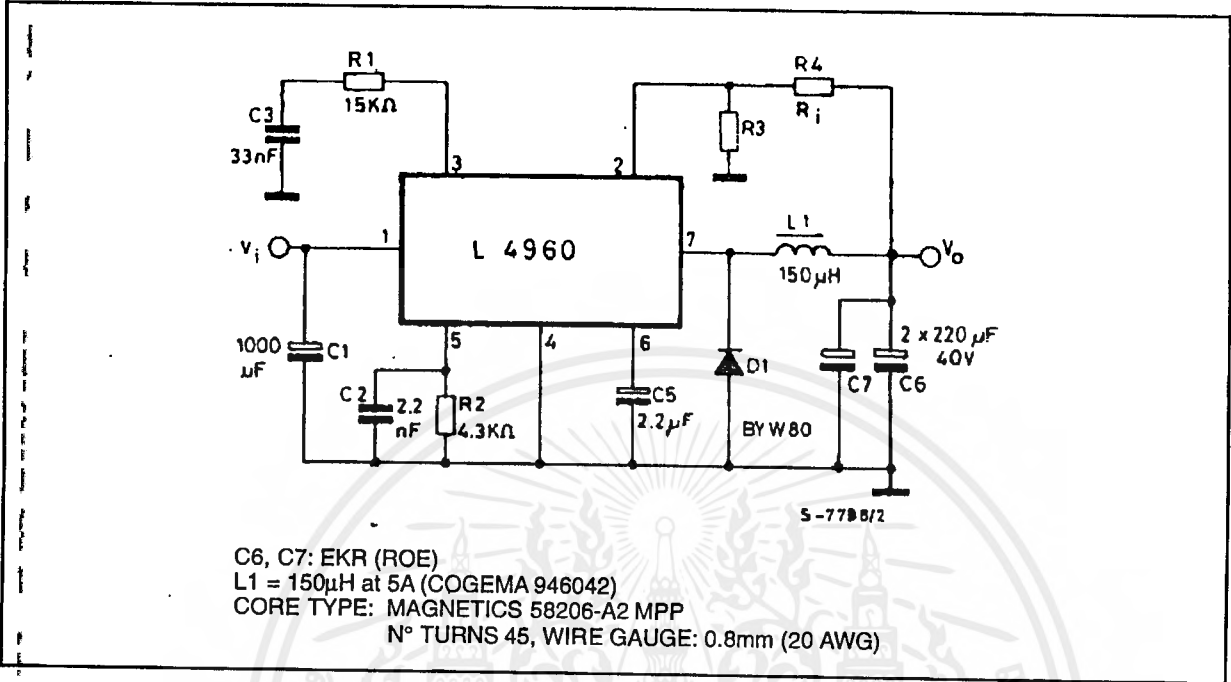


Figure 4. Quiescent drain current vs. supply voltage (0% duty cycle)

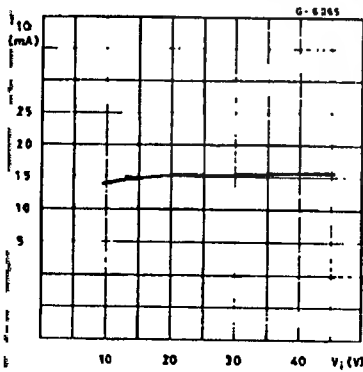


Figure 5. Quiescent drain current vs. supply voltage (100% duty cycle)

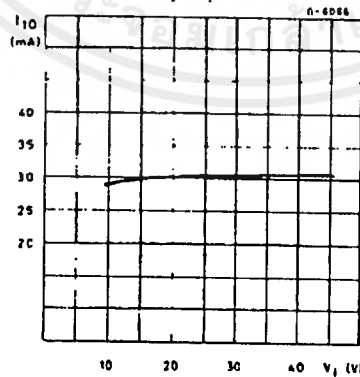
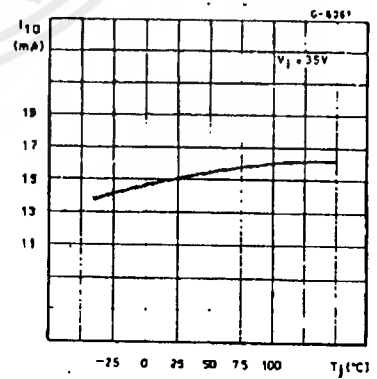


Figure 6. Quiescent drain current vs. junction temperature (0% duty cycle)



L4960

APPLICATION INFORMATION

Figure 26. A minimal 5.1V fixed regulator; Very few component are required

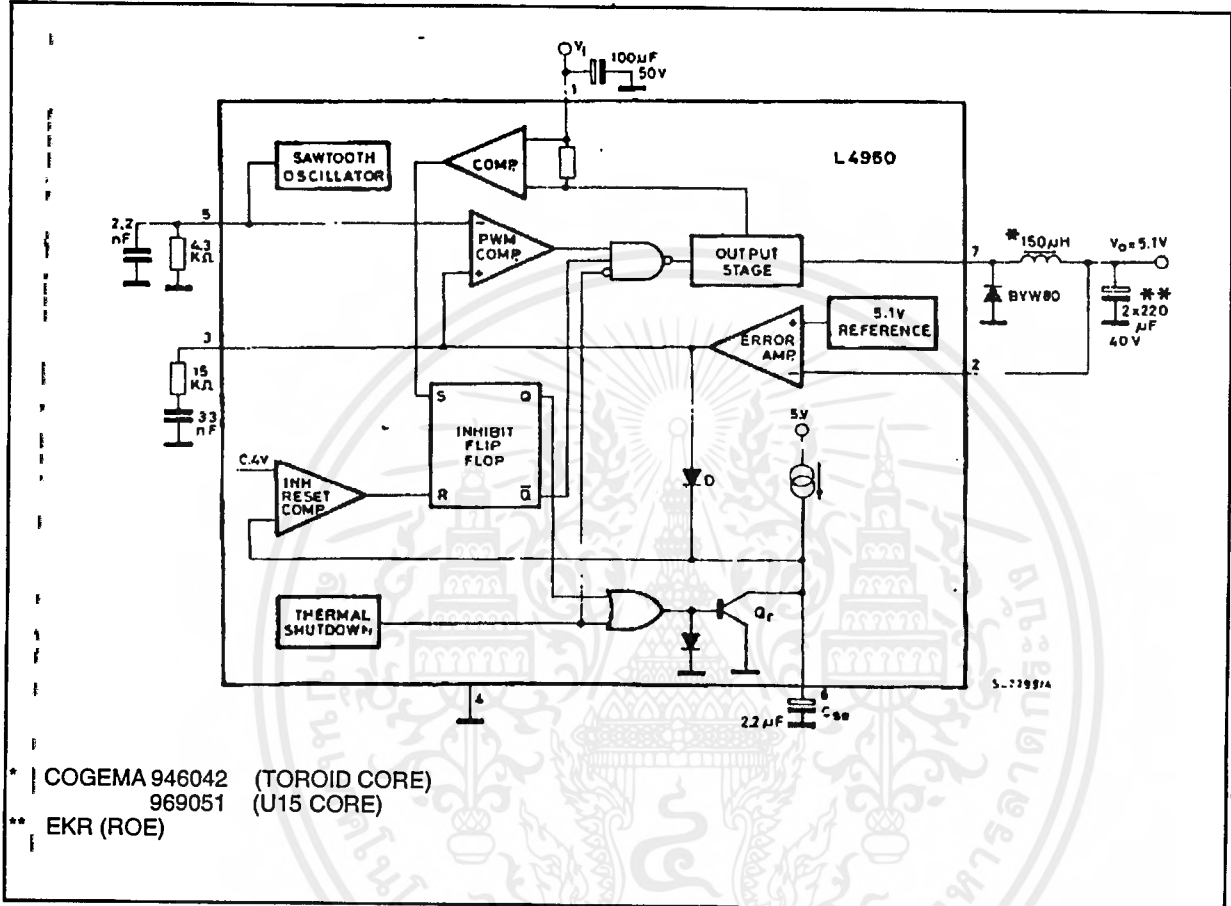
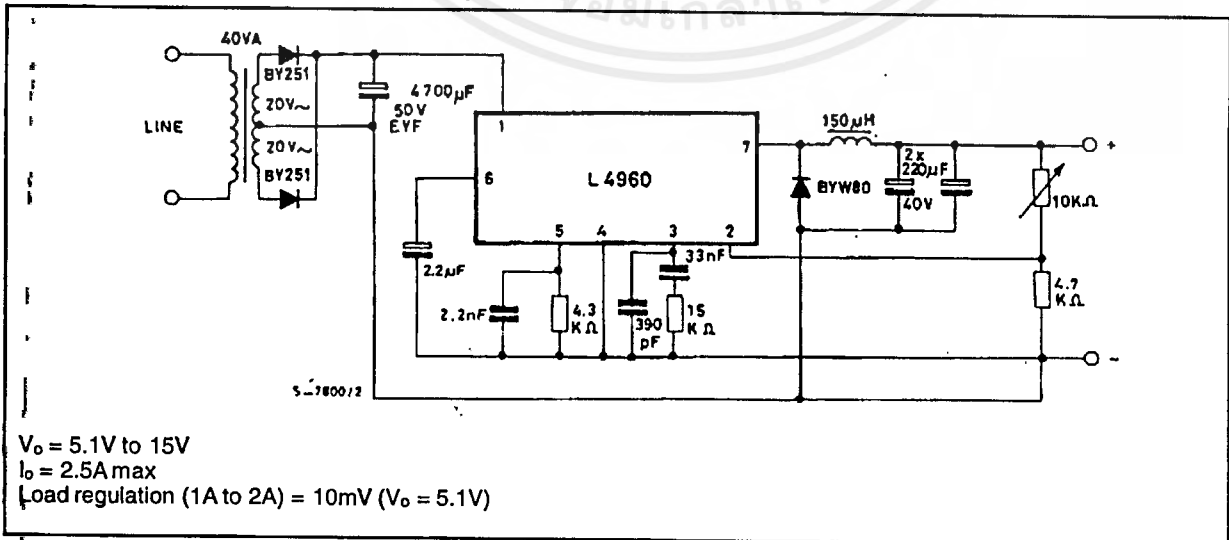


Figure 27. Programmable power supply

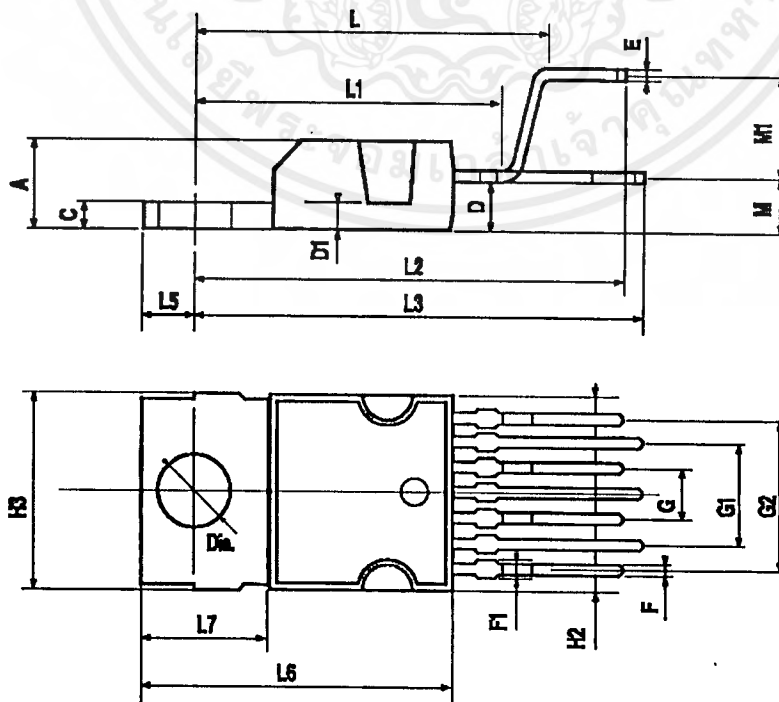


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

L4960

HEPTAWATT PACKAGE MECHANICAL DATA

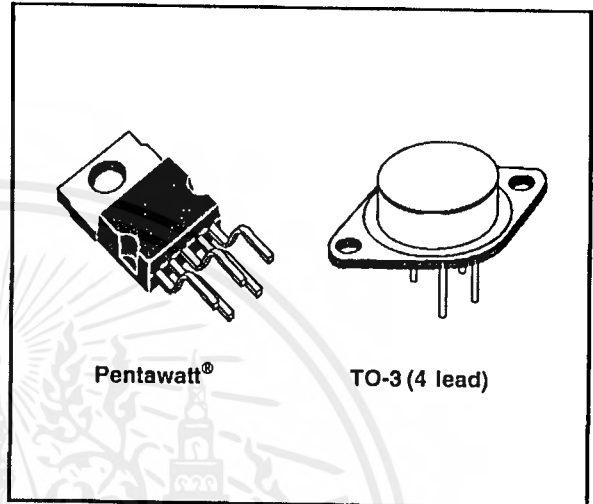
DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			4.8			0.189
C			1.37			0.054
D	2.4		2.8	0.094		0.110
D1	1.2		1.35	0.047		0.053
E	0.35		0.55	0.014		0.022
F	0.6		0.8	0.024		0.031
F1			0.9			0.035
G	2.41	2.54	2.67	0.095	0.100	0.105
G1	4.91	5.08	5.21	0.193	0.200	0.205
G2	7.49	7.62	7.8	0.295	0.300	0.307
H2			10.4			0.409
H3	10.05		10.4	0.396		0.409
L		16.97			0.668	
L1		14.92			0.587	
L2		21.54			0.848	
L3		22.62			0.891	
L5	2.6		3	0.102		0.118
L6	15.1		15.8	0.594		0.622
L7	6		6.6	0.236		0.260
M		2.8			0.110	
M1		5.08			0.200	
Dia	3.65		3.85	0.144		0.152



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต

ADJUSTABLE VOLTAGE AND CURRENT REGULATOR

- ADJUSTABLE OUTPUT CURRENT UP TO 2 A (GUARANTEED UP TO $T_j = 150^\circ\text{C}$)
- ADJUSTABLE OUTPUT VOLTAGE DOWN TO 2.85 V
- INPUT OVERVOLTAGE PROTECTION (UP TO 60 V, 10 ms)
- SHORT CIRCUIT PROTECTION
- OUTPUT TRANSISTOR S.O.A. PROTECTION
- THERMAL OVERLOAD PROTECTION
- LOW BIAS CURRENT ON REGULATION PIN
- LOW STANDBY CURRENT DRAIN



DESCRIPTION

The L200 is a monolithic integrated circuit for voltage and current programmable regulation. It is available in Pentawatt® package or 4-lead TO-3 metal case. Current limiting, power limiting, thermal shutdown and input overvoltage protection (up to

60 V) make the L200 virtually blow-out proof.

The L200 can be used to replace fixed voltage regulators when high output voltage precision is required and eliminates the need to stock a range of fixed voltage regulators.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

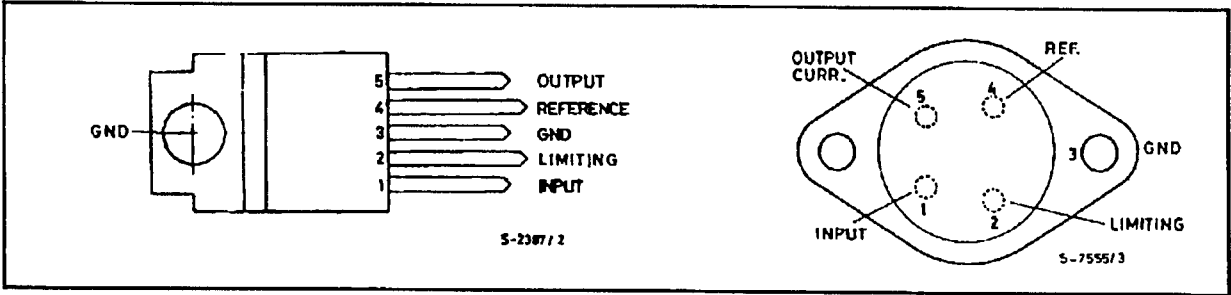
Symbol	Parameter	Value	Unit
V_i	DC Input Voltage	40	V
V_i	Peak Input Voltage (10 ms)	60	V
ΔV_{i-o}	Dropout Voltage	32	V
I_o	Output Current	internally limited	
P_{tot}	Power Dissipation	internally limited	
T_{stg}	Storage Temperature	-55 to 150	$^\circ\text{C}$
T_{op}	Operating Junction Temperature for L200C	-25 to 150	$^\circ\text{C}$
	for L200	-55 to 150	$^\circ\text{C}$

THERMAL DATA

			TO-3	Pentawatt®
$R_{thj-case}$	Thermal Resistance Junction-case	Max	4 $^\circ\text{C/W}$	3 $^\circ\text{C/W}$
$R_{thj-amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max	35 $^\circ\text{C/W}$	50 $^\circ\text{C/W}$

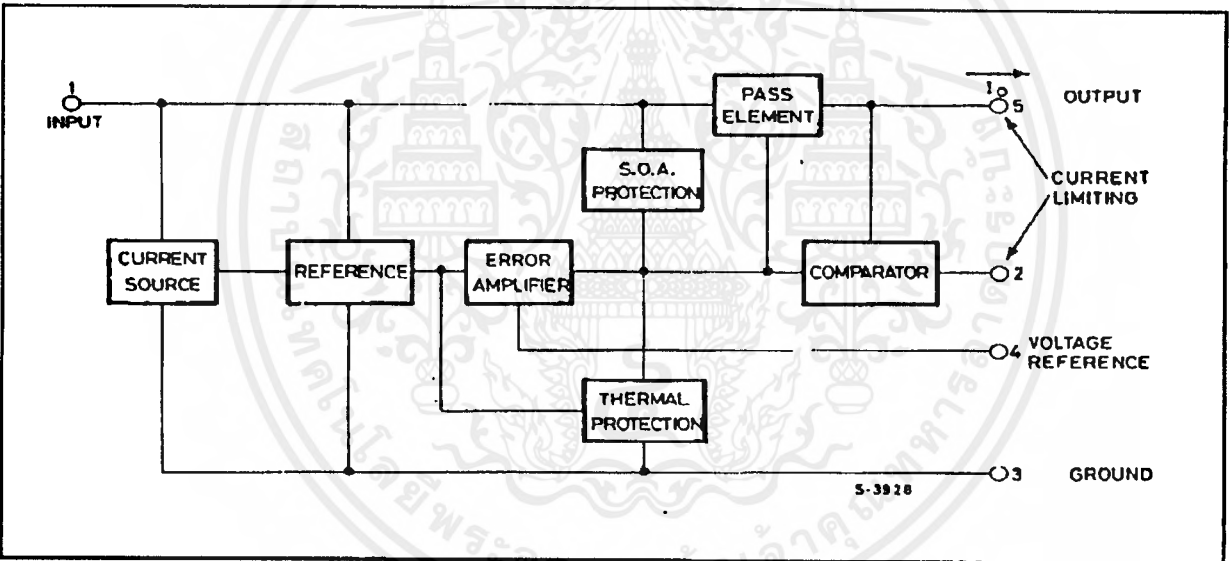
L200

CONNECTION DIAGRAMS AND ORDER CODES (top views)



Type	Pentawatt®	TO-3
L200		L200 T
L200 C	L200 CH L200 CV	L200 CT

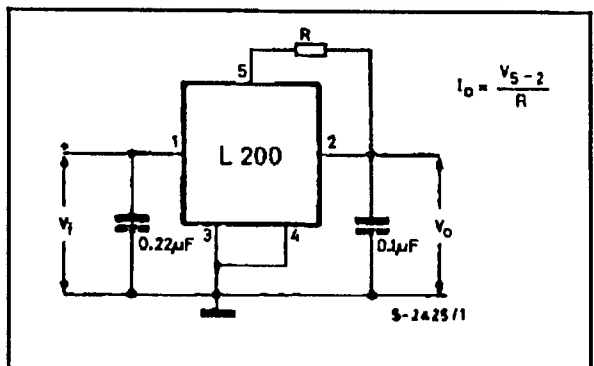
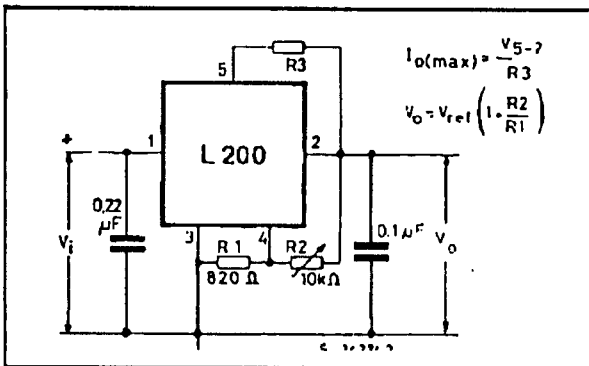
BLOCK DIAGRAM



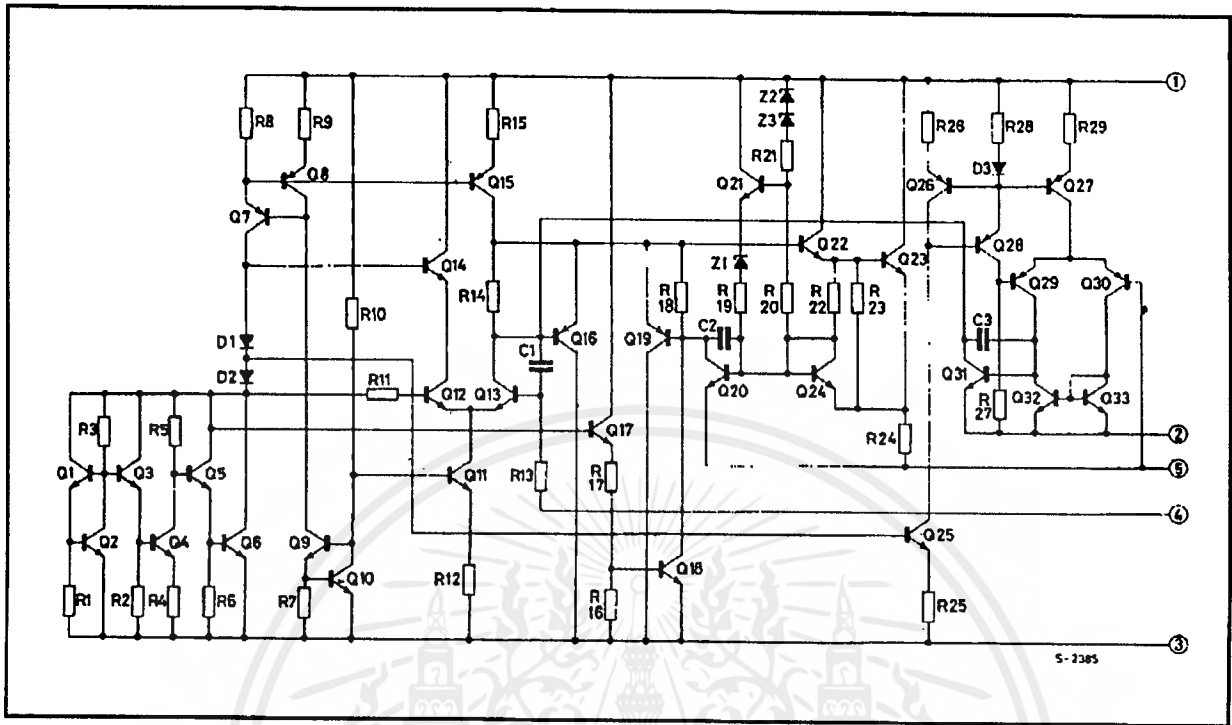
APPLICATION CIRCUITS

Figure 1. Programmable Voltage Regulator with Current Limiting

Figure 2. Programmable Current Regulator.



SCHEMATIC DIAGRAM



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

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
--------	-----------	-----------------	------	------	------	------

VOLTAGE REGULATION LOOP

I_d	Quiescent drain Current (pin 3)	$V_i = 20\text{ V}$		4.2	9.2	mA
e_N	Output Noise Voltage	$V_o = V_{ref}$ $B = 1\text{ MHz}$ $I_o = 10\text{ mA}$		80		μV
V_o	Output Voltage Range	$I_o = 10\text{ mA}$	2.85		36	V
$\frac{\Delta V_o}{V_o}$	Voltage Load Regulation (note 1)	$\Delta I_o = 2\text{ A}$ $\Delta I_o = 1.5\text{ A}$		0.15 0.1	1 0.9	% %
$\frac{\Delta V_i}{\Delta V_o}$	Line Regulation	$V_o = 5\text{ V}$ $V_i = 8\text{ to }18\text{ V}$	48	60		dB
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_o = 5\text{ V}$ $\Delta V_i = 10\text{ V}_{pp}$ $f = 100\text{ Hz}$ (note 2)	48	60		dB
ΔV_{i-o}	Droopout Voltage between Pins 1 and 5	$I_o = 1.5\text{ A}$ $\Delta V_o \leq 2\%$		2	2.5	V
V_{ref}	Reference Voltage (pin 4)	$V_i = 20\text{ V}$ $I_o = 10\text{ mA}$	2.64	2.77	2.86	V

Figure 17. Load Transient Reponse

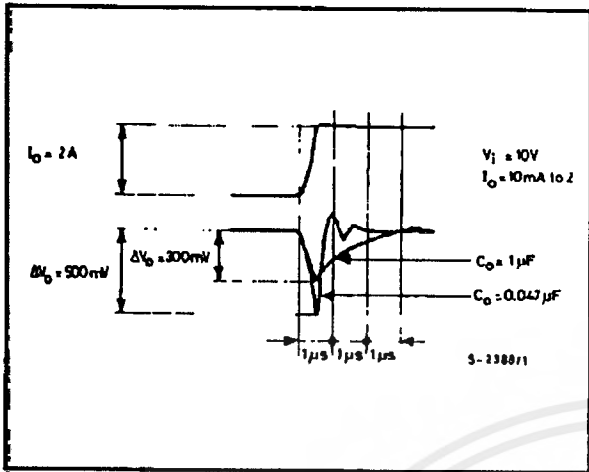
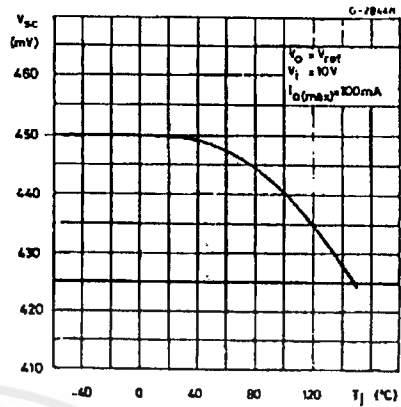


Figure 18. Current Limit Sense Voltage vs. Junction Temperature.



APPLICATIONS CIRCUITS

Figure 19. - Programmable Voltage Regulator

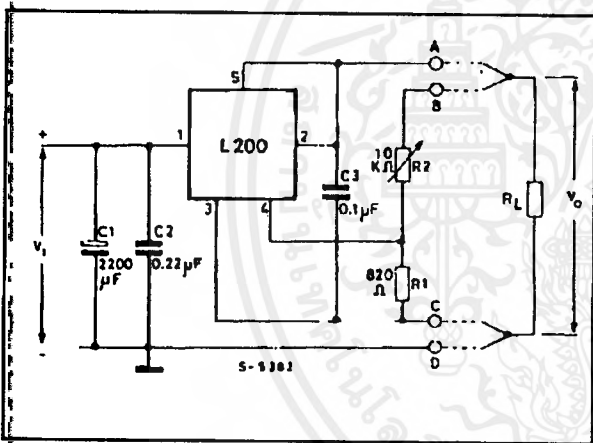


Figure 20. - P.C.Board and Components Layout of Figure 19.

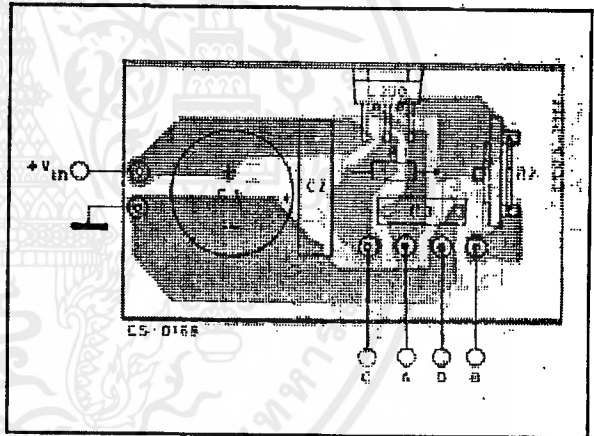


Figure 21. - High Current Voltage Regulator with Short Circuit Protection.

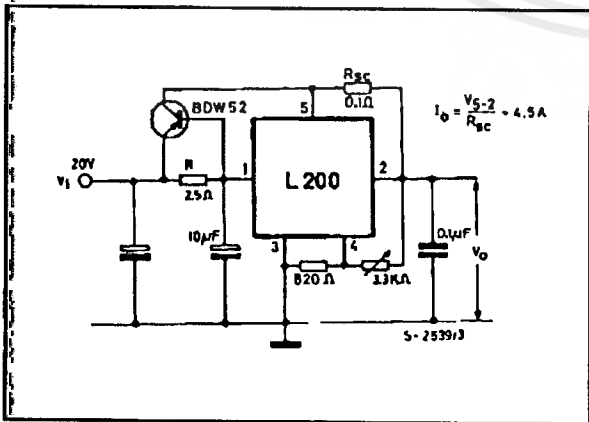
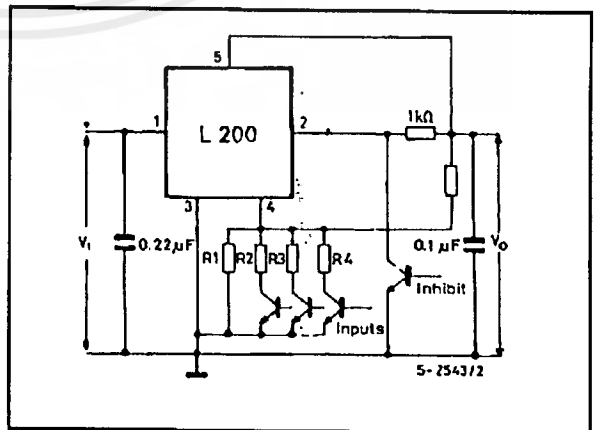


Figure 22. - Digitally Selected Regulator with Inhibit.





TIP2955 TIP3055

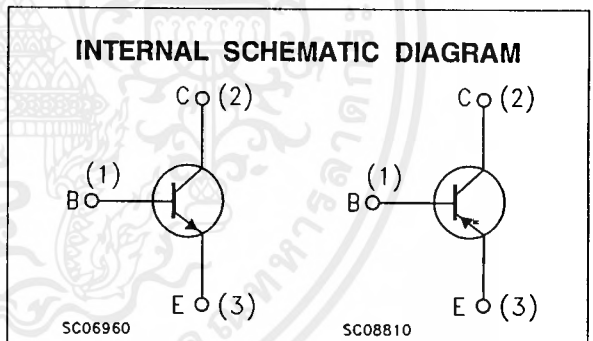
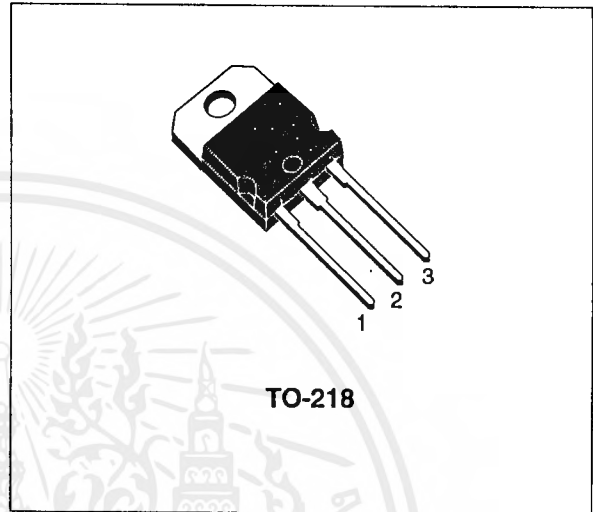
COMPLEMENTARY SILICON POWER TRANSISTORS

- STM PREFERRED SALESTYPES
- COMPLEMENTARY PNP - NPN DEVICES

DESCRIPTION

The TIP3055 is a silicon epitaxial-base planar NPN transistor mounted in TO-218 plastic package and intended for power switching circuits, series and shunt regulators, output stages and hi-fi amplifiers.

The complementary PNP type is the TIP2955.



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value		Unit
		PNP	TIP2955	
		NPN	TIP3055	
V_{CBO}	Collector-Base Voltage ($I_E = 0$)		100	V
V_{CEO}	Collector-emitter Voltage ($I_B = 0$)		60	V
I_C	Collector Current		15	A
I_B	Base Current		7	A
P_{tot}	Total Dissipation at $T_c \leq 25^\circ\text{C}$		90	W
T_{stg}	Storage Temperature		-65 to 150	$^\circ\text{C}$
T_J	Max. Operating Junction Temperature		150	$^\circ\text{C}$

For PNP types voltage and current are negative.

TIP2955/TIP3055

THERMAL DATA

$R_{thj-case}$	Thermal Resistance Junction-case	Max	1.4	$^{\circ}C/W$
----------------	----------------------------------	-----	-----	---------------

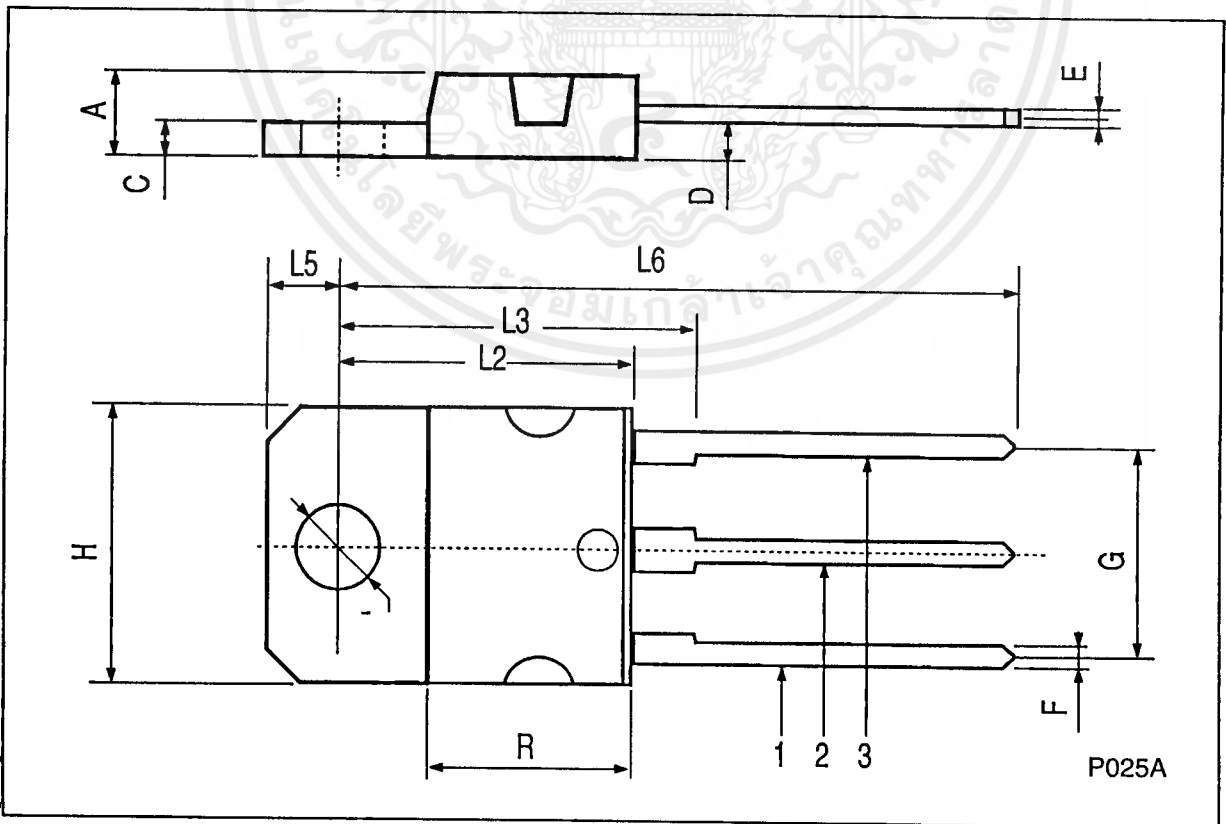
ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_{case} = 25^{\circ}C$ unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
I_{CEX}	Collector Cut-off Current ($V_{BE} = 1.5V$)	$V_{CE} = 100 V$ $V_{BE} = -1.5 V$			5	mA
I_{CEO}	Collector Cut-off Current ($I_B = 0$)	$V_{CE} = 30 V$			0.7	mA
I_{EBO}	Emitter Cut-off Current ($I_C = 0$)	$V_{EB} = 7 V$			5	mA
$V_{CE(sus)}^*$	Collector-Emitter Sustaining Voltage ($I_B = 0$)	$I_C = 30 mA$	60			V
$V_{CE(sat)}^*$	Collector-emitter Saturation Voltage	$I_C = 4 A$ $I_B = 0.4 A$ $I_C = 10 A$ $I_B = 3.3 A$			1 3	V V
V_{BE}^*	Base-emitter Voltage	$I_C = 4 A$ $V_{CE} = 4 V$			1.8	V
h_{FE}^*	DC Current Gain	$I_C = 4 A$ $V_{CE} = 4 V$ $I_C = 10 A$ $V_{CE} = 4 V$	20 5			
h_{fe}	Small Signal Current Gain	$I_C = 1 A$ $V_{CE} = 10 V$ $f = 1 KHz$	15			
f_T	Transition-Frequency	$I_C = 0.5 A$ $V_{CE} = 10 V$ $f = 1 MHz$	3			MHz
t_{on} t_{off}	RESISTIVE LOAD Turn-on Time Turn-off Time	$I_C = 6 A$ $I_{B1} = 0.6 A$ $I_{B2} = -0.6 A$ $V_{BEoff} = -4 V$ $R_L = 5 \Omega$		0.5 0.9		μs μs

* Pulsed: Pulse duration = 300 μs , duty cycle 1.5 %
For PNP type, voltage and current value are negative.

TO-218 (SOT-93) MECHANICAL DATA

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A	4.7		4.9	0.185		0.193
C	1.17		1.37	0.046		0.054
D		2.5			0.098	
E	0.5		0.78	0.019		0.030
F	1.1		1.3	0.043		0.051
G	10.8		11.1	0.425		0.437
H	14.7		15.2	0.578		0.598
L2	-		16.2	-		0.637
L3		18			0.708	
L5	3.95		4.15	0.155		0.163
L6		31			1.220	
R	-		12.2	-		0.480
Ø	4		4.1	0.157		0.161



M51660L

SERVO MOTOR CONTROL FOR RADIO CONTROL

DESCRIPTION

The M51660L is a semiconductor integrated circuit for use in servo motor control in radio control applications.

Housed in a 14-pin molded plastic zig-zag inline package (ZIP), the M51660L contributes to the miniaturization of the set.

The built-in voltage regulating circuit, and the differential comparator used in the comparator circuit provide the M51660L with extremely stable power supply voltage fluctuation characteristics and temperature change characteristics.

FEATURES

- Small circuit current 3.5mA typ.
(When output is off)
- Excellent power supply and temperature stability
- Simple setting of dead band
- Includes protection circuit for continuous "H" level input

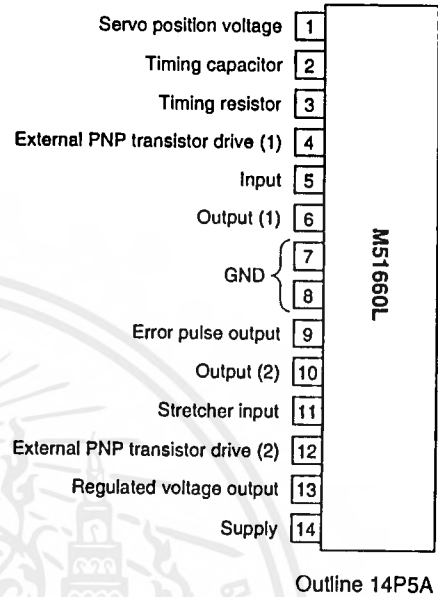
APPLICATION

Digital proportional system for radio control, and servo motor control circuit, etc.

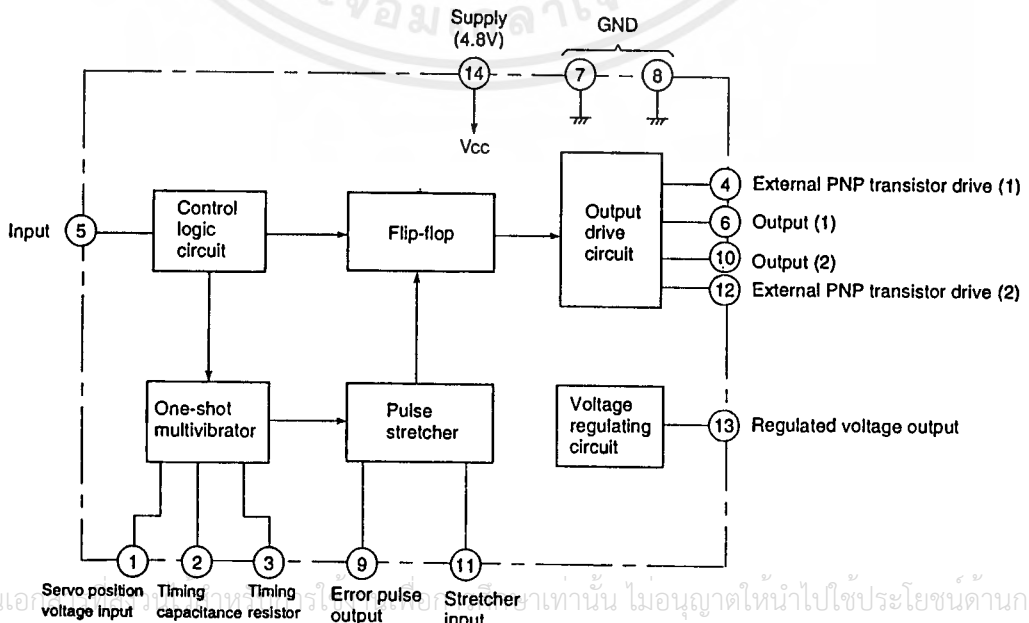
RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

- Supply voltage range 3.5 - 7V
- Rated supply voltage 4.8V

PIN CONFIGURATION (TOP VIEW)



BLOCK DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารของบริษัท Mitsubishi Electric Corporation. การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SERVO MOTOR CONTROL FOR RADIO CONTROL

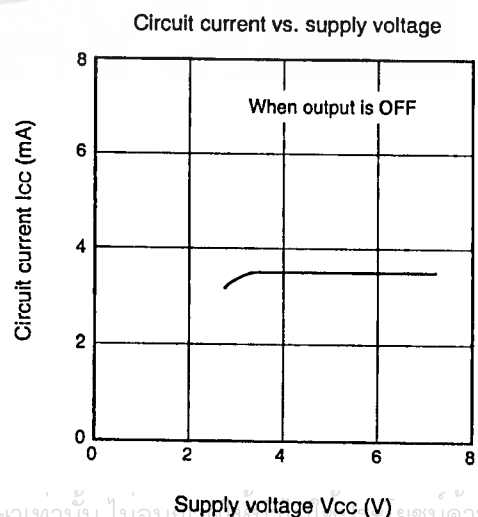
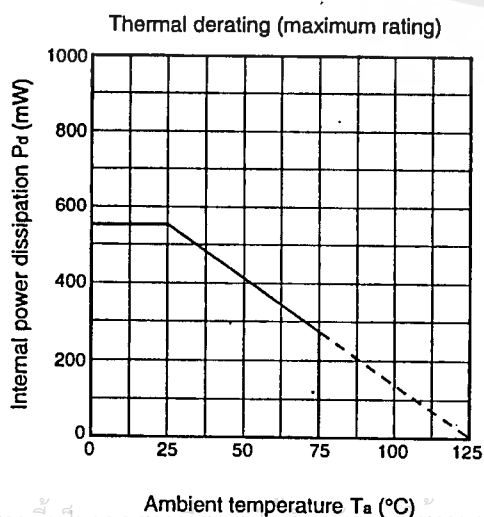
ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (Ta = 25°C, unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Conditions	Ratings	Unit
Vcc	Supply voltage		7.5	V
Io SINK	Output sink current		500	mA
Io SOURCE	Output source current		200	mA
Pd	Power dissipation		550	mW
θ	Thermal derating range	Ta ≥ 25°C	5.5	mW/°C
Topr	Operating temperature		-20 - +75	°C
Tstg	Storage temperature range		-40 - +125	°C

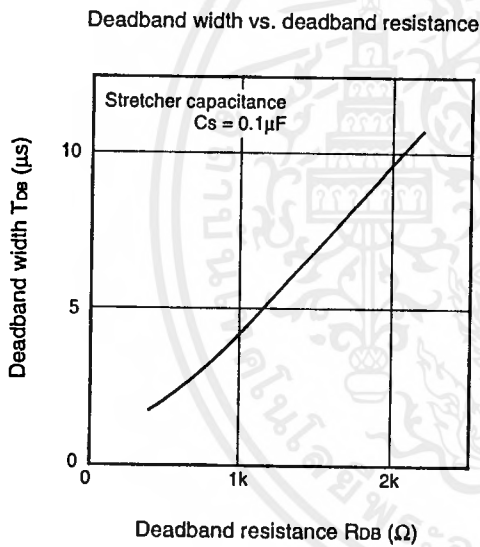
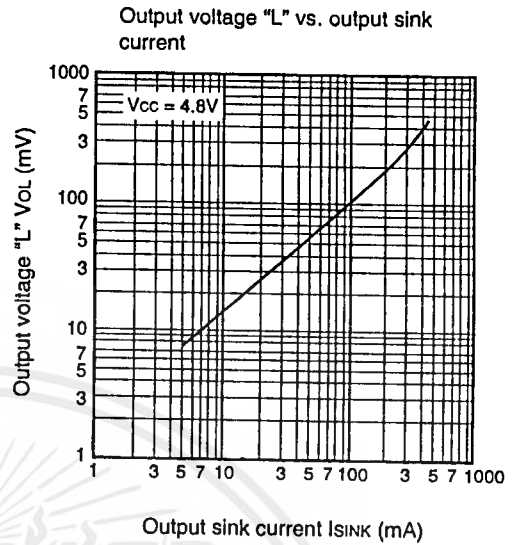
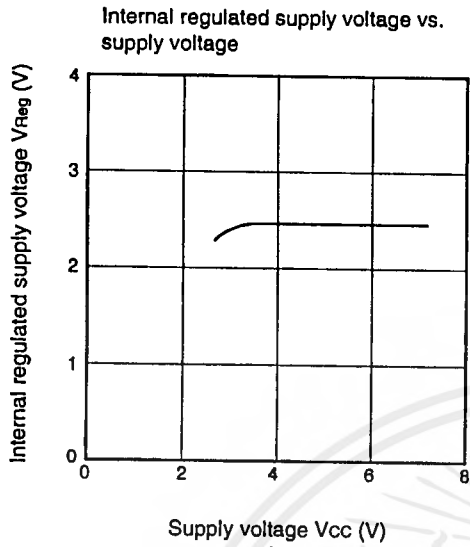
ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Ta = 25°C and Vcc = 4.8V, unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Test conditions	Limits			Unit
			Min.	Typ.	Max.	
Icc	Circuit current	When output is OFF		3.5	5	mA
		When output is ON		20		
VOL	Output voltage "L"	Io SINK = 100mA		0.1	0.2	V
		Io SINK = 400mA		0.4	0.7	
VOH	Output voltage "H"	Io SOURCE = 100mA	3.4	3.8		V
IPNP	External PNP transistor Drive current		30			mA
VReg	Internal regulated supply voltage		2.3	2.45	2.6	V
IReg	Internal regulated supply output current				3.0	mA
TDB	Minimum dead band width	RDB = 510Ω, Cs = 0.1μF			1.5	μs

TYPICAL CHARACTERISTICS (Ta = 25°C, unless otherwise noted)

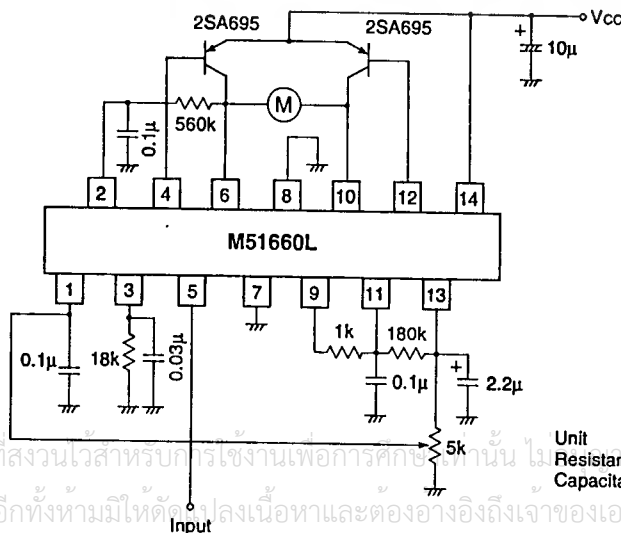


SERVO MOTOR CONTROL FOR RADIO CONTROL



APPLICATION EXAMPLE

Servo motor control circuit for radio-controlled



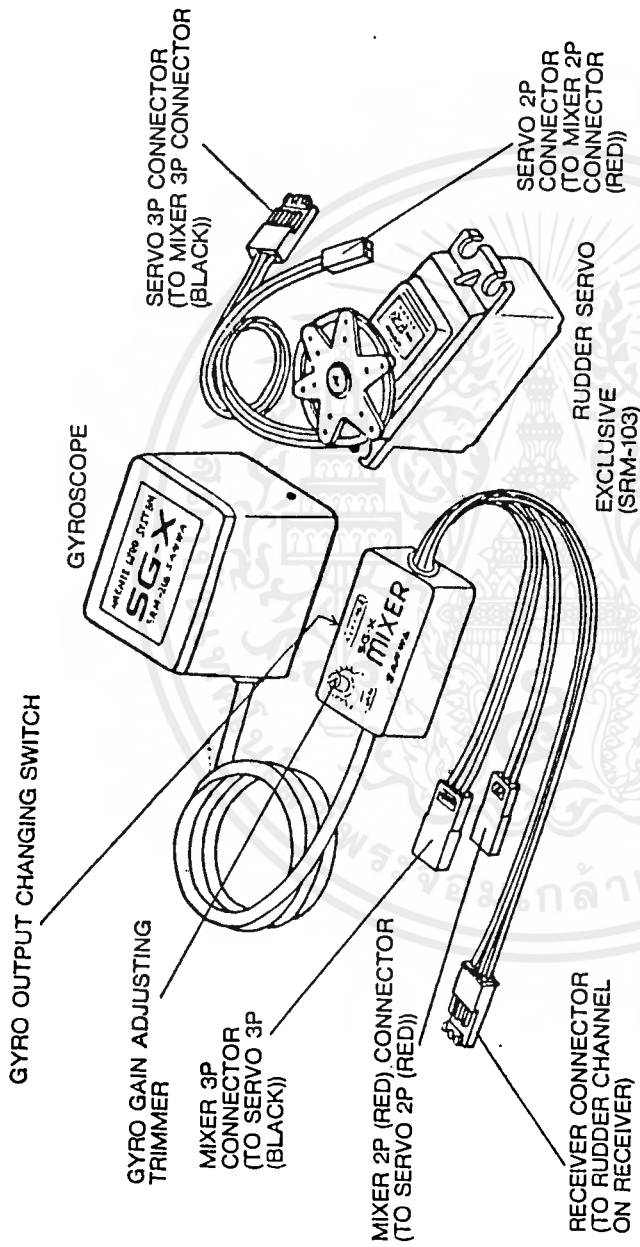
Unit
Resistance : Ω
Capacitance : F

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TECHNICAL APPLICATION NOTES**PIN DESCRIPTION**

1. **Servo Position Voltage Input Pin (Pin ①)**
Connect the potentiometer terminal for position detection that follows the output axis. Compare this voltage with the voltage of the triangular wave of pin ② and drive the motor. A capacitor of approximately $0.1\mu\text{F}$ should be connected for noise prevention.
2. **Timing Capacitor Pin (Pin ②)**
Connect a capacitor that will generate a triangular wave by constant current charging. A typical value is $0.1\mu\text{F}$. Also connect a feedback resistor from the output here.
3. **Timing Resistor (Pin ③)**
Connect a resistor that will determine the value of the constant current of pin ②. A resistor of $18\text{k}\Omega$ will yield a current of 1.0mA . A capacitor of approximately $0.03\mu\text{F}$ should be connected in parallel with the resistor to increase stability.
4. **External PNP Transistor Drive ① (Pin ④)**
Connect to the base of the external PNP transistor.
5. **Input Pin (Pin ⑤)**
Operate with a positive pulse of peak value 3V or greater.
6. **Output ① Pin (Pin ⑥)**
Connect a feedback resistor between this pin and pin ②.
7. **Ground (pins ⑦ and ⑧)**
8. **Error Pulse Output pin (Pin ⑨)**
Connect a resistor between this pin and pin ⑩. The dead band will change according to the value of this resistor.
9. **Output ② pin (Pin ⑩)**
This is the output ② pin.
10. **Stretcher Input Pin (Pin ⑪)**
Connect the capacitor and resistor of the pulse stretcher section.
11. **External PNP Transistor Drive ② (Pin ⑫)**
Connect to the base of the external PNP transistor.
12. **Regulated Voltage Output Pin (Pin ⑬)**
This is the output of the internal regulated supply voltage. Make connections from this pin to a potentiometer or pulse stretcher resistor. Connect a capacitor of approximately $2.2\mu\text{F}$ for stability.
13. **Supply Voltage (Pin ⑭)**
The supply voltage exhibits uniform characteristics from 3.5V to 7V . Connect a capacitor of approximately $10\mu\text{F}$.

CONNECTION DIAGRAM :



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้