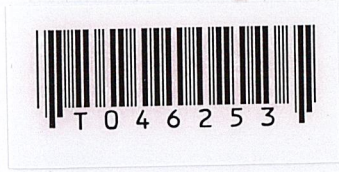


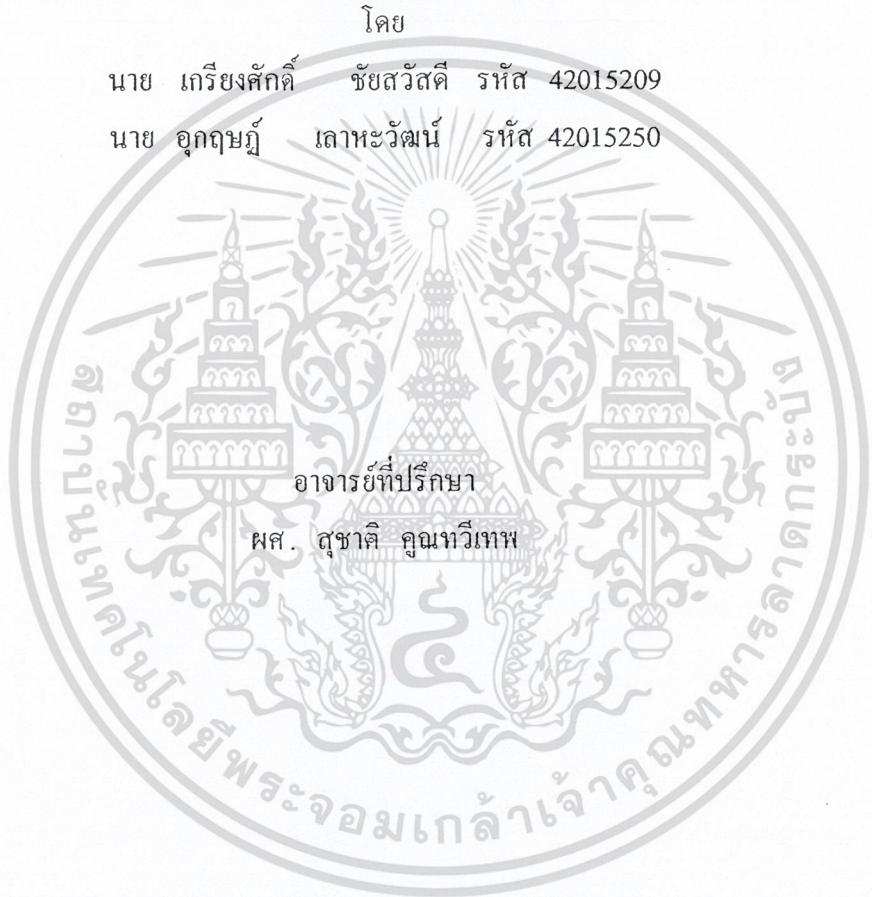
รถเข็นไฟฟ้าสำหรับผู้พิการควบคุมโดยจอยสติค
ELECTRIC WHEELS CHAIR CONTROLLED BY JOYSTICK



โดย

นาย เกรียงศักดิ์ ชัยสวัสดิ์ รหัส 42015209

นาย อุกฤษฏ์ เลาหะวัฒน์ รหัส 42015250



อาจารย์ที่ปรึกษา
ผศ. สุชาติ คุณทวีเทพ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

รฟ.

คณะวิศวกรรมศาสตร์

7/4/64

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

15/1

ปีการศึกษา 2544

เลขหม.....
เลขทะเบียน 46253
วัน, เดือน, ปี 21 ส.ค. 2546

b.....

รับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านธุรกิจ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงาน ปีการศึกษา 2544

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง รถเซ็นไฟฟ้าสำหรับผู้พิการควบคุมโดยจอยสติค

ผู้จัดทำ

1. นาย เกรียงศักดิ์ ชัยสวัสดิ์ รหัส 42015209
2. นาย อุกฤษฏ์ เลาหะวัฒน์ รหัส 42015250



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รถเข็นไฟฟ้าสำหรับผู้ป่วยควบคุมโดยจอยสติค
(ELECTRIC WHEELS CHAIR CONTROLLED BY JOY STICK)

นาย เกรียงศักดิ์ ชัยสวัสดิ์ รหัส 42015209

นาย อุกฤษฏ์ เลาหะวัฒน์ รหัส 42015250



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รถเข็นไฟฟ้าสำหรับผู้ป่วยควบคุมโดยจอยสติค

นาย เกรียงศักดิ์ ชัยสวัสดิ์ รหัส 42015209

นาย อุกฤษฏ์ เลาะห์วัฒน์ รหัส 42015250

ผศ. สุชาติ คุณทวีเทพ (อาจารย์ที่ปรึกษา)

ปีการศึกษา 2544

บทคัดย่อ

โครงการนี้ ชื่อว่า รถเข็นไฟฟ้าสำหรับผู้ป่วยควบคุมโดยจอยสติค ถูกขับเคลื่อนด้วย ดีซี มอเตอร์ ขนาด 24 โวลท์ ใช้แหล่งจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ ขนาด 12 โวลท์ ต่ออนุกรมกัน 2 ลูก เพื่อจ่ายไฟ ให้แก่วงจรทั้งหมด ควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของรถเข็นไฟฟ้า โดยการโยกจอยสติคไปในทิศทางที่ต้องการ และปุ่มปรับเพิ่มความเร็ว จะทำให้รถเคลื่อนที่ได้โดยไม่กระตุก ส่วนของวงจรควบคุม MCS-51 ประกอบด้วย จอยสติค และปุ่มเพิ่มความเร็ว สำหรับรับคำสั่งจากผู้ใช้และยังมีวงจร ตรวจสอบพลังงานแบตเตอรี่ วงจรประจุแบตเตอรี่ เพื่อเพิ่มความสะดวกในการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRIC WHEELS CHAIR CONTROLLED BY JOYSTICK

Mr. Kreangsak Chaisawatdee

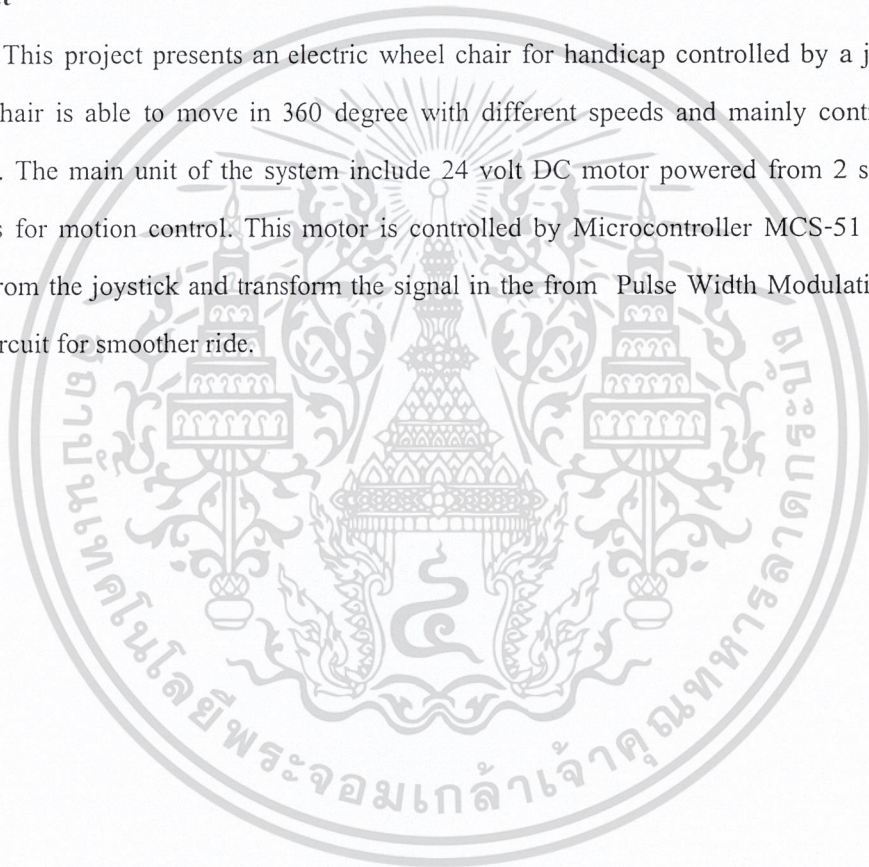
Mr. U-krit Laowhawatt

Assis.Prof. Suchart Khunthaweetep (Advisor)

Educational Year 2001

Abstract

This project presents an electric wheel chair for handicap controlled by a joystick. This wheel chair is able to move in 360 degree with different speeds and mainly controlled by the joystick. The main unit of the system include 24 volt DC motor powered from 2 series 12 volt batteries for motion control. This motor is controlled by Microcontroller MCS-51 that receives signal from the joystick and transform the signal in the from Pulse Width Modulation to control Drive circuit for smoother ride.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาบัตรฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเพราะได้รับการสนับสนุนเรื่องเอกสารอ้างอิง เครื่องมือ อุปกรณ์ และคำแนะนำให้คำปรึกษาเป็นอย่างดี

จึงขอขอบคุณ ผศ. สุชาติ คุ้มทวีเทพ อาจารย์ที่ปรึกษาที่มีส่วนเป็นอย่างมากในการให้คำแนะนำ และขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนช่วยเหลือในโครงการครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วง

นาย เกรียงศักดิ์ ชัยสวัสดิ์

นาย อุกฤษณ์ เลาหะวัฒน์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ	VI
สารบัญตาราง	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 โครงสร้าง	1
1.2 การทำงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีเบื้องต้น	3
2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์	3
2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	4
2.3 แบตเตอรี่	12
2.4 จอยสติค	14
2.5 ออปแอมป์	15
2.6 พัลส์วิดมอดคูเลชัน	17
2.7 วงจรแปลงดิจิทัลเป็นอนาลอก	23
บทที่ 3 การทำงานของวงจรและการออกแบบวงจร	26
3.1 วงจรแรงดันคงที่	26
3.2 วงจรอัดประจุแบตเตอรี่	27
3.3 วงจรขับมอเตอร์	30
3.4 วงจรควบคุมทิศทาง	33
3.5 วงจรดี ทู เอ	35
3.6 วงจรตรวจสอบแบตเตอรี่	37
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	40
4.1 การทดลองบังคับทิศทางรถเข็นไฟฟ้า	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การวัดความเร็ว	41
4.3 การวัดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่	42
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	47
ภาคผนวก	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 แสดง BLOCK DIAGRAM ของรถเข็น	1
รูปที่ 2.1 แสดงกฎมือซ้ายของเฟลมมิ่ง	5
รูปที่ 2.2 วงจรเทียบเคียงของแรงดันไฟฟ้าต้านกลับ	6
รูปที่ 2.3 แสดงมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่าย	6
รูปที่ 2.4 การเกิดสนามแม่เหล็กที่ขดลวดอาร์เมเจอร์	7
รูปที่ 2.5 ซีรีส์มอเตอร์	8
รูปที่ 2.6 ชันต์มอเตอร์	9
รูปที่ 2.7 แสดงการกลับทิศทางไหลของกระแสในอาร์เมเจอร์	10
รูปที่ 2.8 แสดงการกลับทิศทางไหลของกระแสในขดลวดซีรีย์ฟิลด์	11
รูปที่ 2.9 แสดงการติดตั้งซีรีย์มอเตอร์	12
รูปที่ 2.10 แสดง ลักษณะ โครงสร้างของเบตเตอร์	13
รูปที่ 2.11 แสดงโครงสร้างของจอยสติค	14
รูปที่ 2.12 แสดงวงจรภายในของจอยสติค	15
รูปที่ 2.13 วงจรขยายแบบกลับเฟส	16
รูปที่ 2.14 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส	16
รูปที่ 2.15 แสดงอิมพีแดนซ์ที่ขาต่างๆ	17
รูปที่ 2.16 แสดงรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตของพัลส์วิดมอด	18
รูปที่ 2.17 แสดงการจัดโครงสร้างภายในของ TL494	19
รูปที่ 2.18 แสดงการจัดขาไอซี TL494	19
รูปที่ 2.19 แสดงความสัมพันธ์ของค่า RT และ CT ในการกำหนดความถี่	20
รูปที่ 2.20 รูปคลื่นลักษณะการทำงาน IC TL494	21
รูปที่ 2.21 แสดงลักษณะการเลือกใช้อาท์พุทของ TL 494	22
รูปที่ 2.22 แสดงระบบบิจิตอลเชื่อมต่อสัญญาณอนาลอก	23
รูปที่ 2.23 วงจรใช้งานของวงจร D/A	25
รูปที่ 3.1 วงจรแรงดันลบ	26
รูปที่ 3.2 วงจรภาคจ่ายไฟ	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.3	แสดงบล็อกไดอะแกรมเบื้องต้นของวงจรประจุแบตเตอรี่	28
รูปที่ 3.4	รูปวงจรประจุแบตเตอรี่	29
รูปที่ 3.5	วงจรขับดีซีมอเตอร์พื้นฐานแบบ 2 ทาง	30
รูปที่ 3.6	วงจรขับมอเตอร์ด้านซ้ายและด้านขวา	32
รูปที่ 3.7	วงจรควบคุมวงจรขับมอเตอร์	33
รูปที่ 3.8	วงจรควบคุมทิศทาง	34
รูปที่ 3.9	วงจรควบคุมทิศทางที่ใช้งานจริง	35
รูปที่ 3.10	วงจร DIGITAL TO ANALOG	35
รูปที่ 3.11	วงจรควบคุม MCS-51	37
รูปที่ 3.12	บล็อกไดอะแกรมของ LM3914	38
รูปที่ 3.13	วงจรตรวจสอบแบตเตอรี่	39
รูปที่ 4.1	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสที่ประยะทาง	40
รูปที่ 4.2	สัญญาณเอาต์พุตของวงจรพัลส์วิดมอด ที่ $V_{in} = 0\text{ V}$	41
รูปที่ 4.3	สัญญาณเอาต์พุตของวงจรพัลส์วิดมอด ที่ $V_{in} = 2\text{ V}$	41
รูปที่ 4.4	สัญญาณเอาต์พุตของวงจรพัลส์วิดมอด ที่ $V_{in} = 3\text{ V}$	42
รูปที่ 4.5	สัญญาณเอาต์พุตของวงจรประจุแบตเตอรี่	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงไมโครโปรเซสเซอร์ตระกูล MCS- 51 เบอร์ต่างๆ	4
ตารางที่ 4.1 ตารางกระแสกับระยะทาง	39
ตารางที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันที่ใช้ในการประจุ แบตเตอรี่	40
ตารางที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันระหว่างใช้งานรถเข็น (Load 60 kg)	40

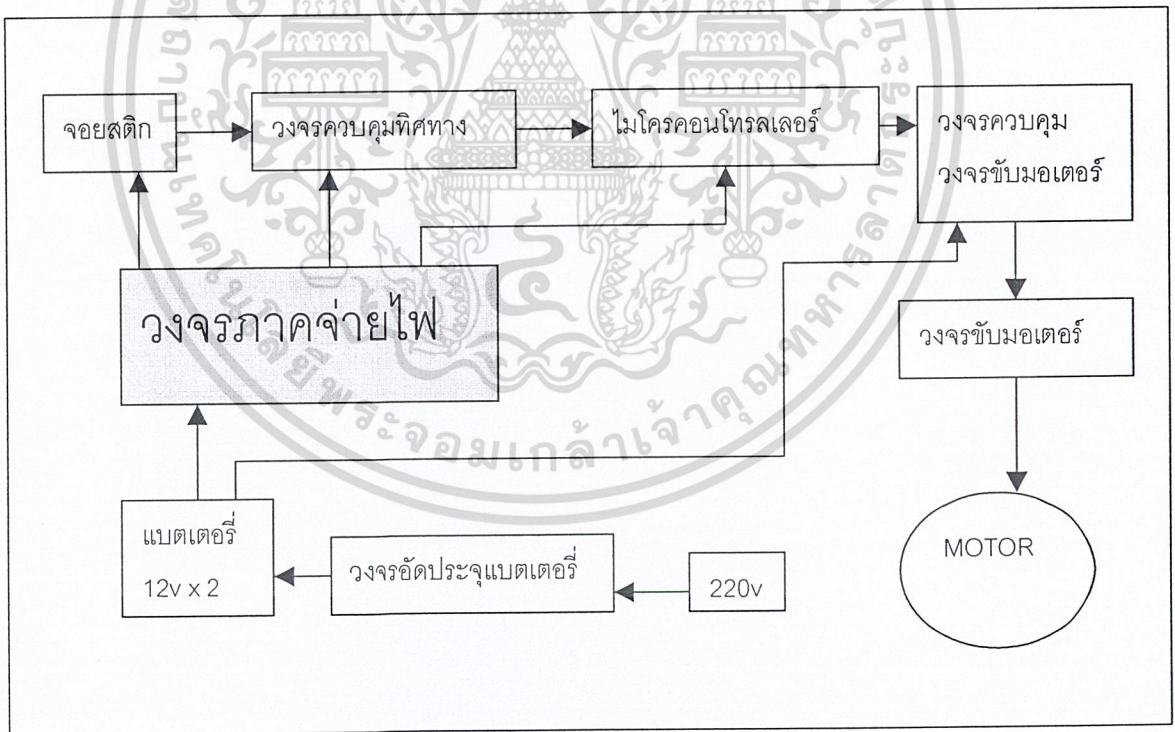


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบันคนทั่วไปเริ่มให้ความสนใจต่อการหาพลังงานทดแทนพลังงานน้ำมันที่มีราคาแพงและมีปริมาณที่ลดลงเรื่อยๆ จึงหันมาสนใจกับรถไฟฟ้ามากขึ้น และในปัจจุบัน วงจรอิเล็กทรอนิกส์ถูกนำมาใช้งานในด้านต่างๆ มากมาย ซึ่งโครงการนี้จะนำเอาวงจรอิเล็กทรอนิกส์ มาประยุกต์ใช้กับรถเข็นคนไข้ ซึ่งโดยปกติจะใช้แรงของคนไข้หรือผู้ดูแลเป็นผู้กระทำให้รถเคลื่อนที่ แต่ในโครงการนี้เราจะใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมาเป็นตัวทำให้รถเข็นเคลื่อนที่โดยแบตเตอรี่ขนาด 12 V 2 ตัวเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ โดยเราสามารถควบคุมทิศทางได้ง่ายโดยการโยกจอยสติค ไปในทิศทางที่ต้องการซึ่งสามารถอำนวยความสะดวกให้กับผู้

1.1 โครงสร้าง



รูปที่ 1.1 แสดง BLOCK DIAGRAM ของรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 การทำงาน

- จอยสติค (Joy stric) ทำหน้าที่เป็นอินพุต (input) รับคำสั่งจากผู้ใช้งาน
- ไมโครคอนโทรลเลอร์ (MICROCONTROLLER) เป็นส่วนที่ใช้ในการประมวลผล โดยรับคำสั่งสัญญาณจากอินพุตแล้วสร้างสัญญาณเอาต์พุต (output) เพื่อใช้ในการควบคุมความเร็วและทิศทางของตัวรถ
- วงจรควบคุมวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ รับค่าจากไมโครคอนโทรลเลอร์มาควบคุมกระแสที่ไหลผ่านวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์
- วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ (MOTOR DRIVE CIRCUIT) ถูกออกแบบให้เหมาะสมและสามารถที่จะขับเคลื่อน มอเตอร์ 3 ตัว ได้ดี โดยการคำนวณจะแสดงในบทที่ 3
- มอเตอร์ (MOTOR) จะประกอบด้วย มอเตอร์ ขนาด 24 V จำนวน 2 ตัว โดยมีคุณสมบัติเหมือนกัน ทำหน้าที่ส่งกำลังผ่านเฟืองและโซ่ เพื่อบีบเคลื่อนรถเข็นให้เคลื่อนที่ไปในทิศทางที่ต้องการ
- แบตเตอรี่ (BATTERY) เราจะใช้แบตเตอรี่ ขนาด 12 V จำนวน 2 ตัวต่ออนุกรมกันเพื่อเป็นแหล่งจ่ายไฟทั้งหมดให้วงจร
- วงจรอัดประจุแบตเตอรี่ (BATTERY CHARGER CIRCUIT) เป็นส่วนของวงจรที่ใช้ในการชาร์จประจุให้กับแบตเตอรี่ ขณะที่พลังงานในแบตเตอรี่เริ่มน้อยลงหรือหมดลง
- วงจรแรงดันคงที่ (REGULATOR CIRCUIT) เป็นส่วนวงจรที่ใช้รักษาแรงดันคงที่เพื่อจ่ายพลังงานให้กับชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ จอยสติควงจรควบคุมทิศทาง และวงจรควบคุมวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีเบื้องต้น

ทฤษฎีเบื้องต้นในบทนี้เป็นส่วนของรายละเอียด ของโครงการรถเข็นไฟฟ้าควบคุมด้วย จอยสติค โดยจะอธิบายเป็นหัวข้อ ได้ดังนี้

2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ในโครงการนี้เราจะใช้ MCS-51 เป็นตัวประมวลผล ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ซึ่งเป็นไมโครคอมพิวเตอร์แบบชิพเดี่ยว (ไม่ต้องต่ออุปกรณ์ภายนอกก็สามารถทำงานได้) มีความสะดวกในการใช้งานและเขียนโปรแกรมควบคุม MCS-51 นี้เป็นอุปกรณ์ที่ออกแบบมาสนองความต้องการของผู้ใช้คือ มีสายอินพุต เอาท์พุท ภายในตัวพอร์ตของอินพุตและเอาท์พุทบัสเฟิร์มแวร์เฟส และสายควบคุมอื่นๆที่ใช้สำหรับแลกเปลี่ยนข้อมูลกับแอดเดรสและยังมีชุดคำสั่งเพิ่มขึ้นเป็นพิเศษเพื่อจัดการข้อมูล

2.1.1 โครงสร้างของ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีด้วยกันหลายเบอร์ขึ้นกับโครงสร้างภายในของมัน บางเบอร์จะมีหน่วยความจำภายในเป็นแบบ ROM บางเบอร์เป็นแบบ EPROM บางเบอร์มี RAM ภายใน 128 ไบต์ บางเบอร์มี 256 ไบต์ เป็นต้น ซึ่งรายละเอียดจะศึกษาได้จากคู่มือของมันโดยตรง และลักษณะของเขาดังๆ จะเหมือนกัน คุณสมบัติที่สำคัญของ MCS-51 มีดังนี้

- มีหน่วยความจำ ROM 4K bytes
- มีหน่วยความจำ RAM 128 bytes
- มีพอร์ต I/O ขนาด 8 บิต 4 พอร์ต
- มี Timer 16 บิต 2 ตัว
- สามารถอินเทอร์รัพท์ได้ 5 แหล่ง
- มีวงจรรอสซิงเกิลเตอร์และวงจรรนาฬิกาบนชิพ
- มีพอร์ตอนุกรมที่สามารถรับส่งข้อมูลแบบ Full Duplex 8 ความเร็วสูง
- อ้างหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกได้ 64 K
- อ้างหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้ 64 K
- สามารถประมวลผลทีละบิตได้
- สามารถอ้างหน่วยความจำแบบบิตได้ 210 ตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หนึ่งในวัฏจักรคำสั่งกินเวลาประมาณ 1 ไมโครวินาทีขณะทำงานด้วย Clock 12 MHz

ตัวอย่างไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 และลักษณะต่าง ๆ สามารถแสดงได้ในตารางที่ 2.2 และสำหรับไดอะแกรมโครงสร้างภายในแสดงในรูปแบบที่

เบอร์	หน่วยความจำโปรแกรมบิต	หน่วยความจำข้อมูลบิต	Timer
8051	4K ROM	128 bytes	2
8031	-	128 byte	2
8751	4K EPROM	128 byte	2
8052	8K ROM	256 byte	3
8032	-	256 byte	3
8752	8K EPROM	256 byte	3

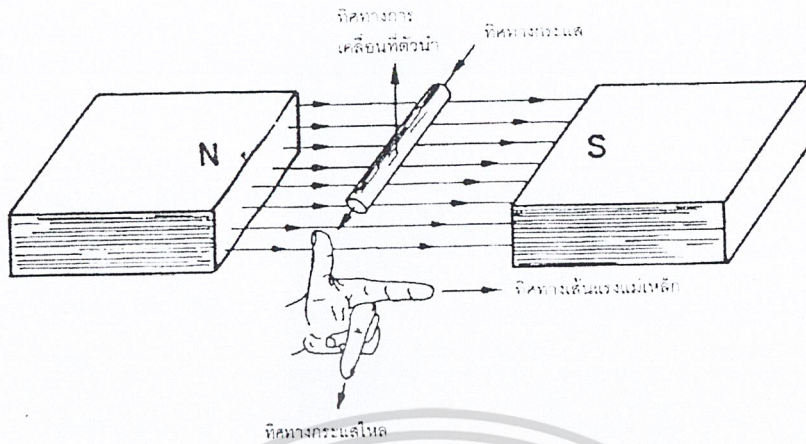
ตารางที่ 2.1 แสดงไมโครโปรเซสเซอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ต่าง ๆ

2.2มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

2.2.1 หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

เมื่อมีลวดตัวนำหมุนตัดกับสนามแม่เหล็กจะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำในลวดตัวนำนั้น และทิศทางการไหลของกระแสในลวดตัวนำจะไหลในทิศทางที่ต้านการหมุนของขดลวดตัวนำนั้น

ถ้าทราบทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าก็จะพบความสัมพันธ์ดังนี้คือ ถ้าทราบทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็ก ทิศทางการไหลของกระแสในตัวนำ จะทำให้ทราบทิศทางการหมุนของขดลวดตัวนำได้ การค้นพบนี้เรียกว่ากฎมือซ้ายของเฟลมมิ่ง ความสัมพันธ์สามารถหาได้โดยการใช้มือซ้าย กางนิ้วหัวแม่มือ นิ้วชี้ และนิ้วกลางให้ตั้งฉากซึ่งกันและกัน ให้นิ้วหัวแม่มือชี้ทิศทางเคลื่อนที่ของตัวนำ นิ้วชี้ชี้ทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กและนิ้วกลางชี้ทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่ไหลในตัวนำดังรูป



รูปที่ 2.1 กฎมือซ้ายของเฟลมมิง

แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะเกิดขึ้นในทิศทางตรงกันข้ามกับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายจากภายนอกเข้าไปในลวดตัวนำ หรือเมื่อพิจารณาโดยใช้กฎมือขวาสำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และกฎมือซ้ายสำหรับมอเตอร์แล้ว จะเห็นว่าแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นในลวดตัวนำจะมีทิศทางตรงกันข้ามกับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์ แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า แรงดันไฟฟ้าต่อต้านหรือแรงดันไฟฟ้าต้านกลับ (counter e.m.f. or back e.m.f.) ใช้สัญลักษณ์ E_b ซึ่งมันจะเกิดขึ้นในลวดอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์เสมอ

ดังนั้นแรงดันไฟฟ้าที่มีผลต่อการใช้งานจริงในอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์จึงมีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้ลดด้วยแรงดันไฟฟ้าต้านกลับ เขียนเป็นสมการได้คือ

$$I_a R_a = V - E_b$$

หรือ

$$E_b = V - I_a R_a$$

เมื่อ

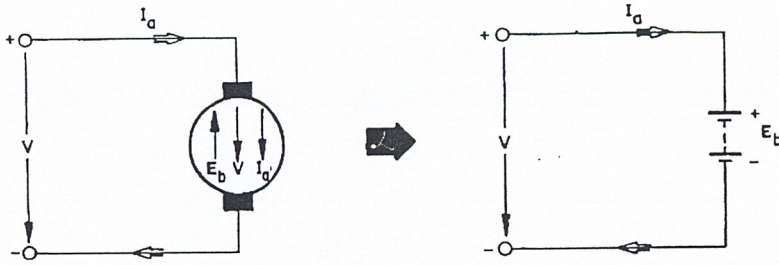
$$E_b = \text{แรงดันไฟฟ้าต้านกลับ}$$

$$V = \text{แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์}$$

$$I_a = \text{กระแสที่ไหลในอาร์เมเจอร์}$$

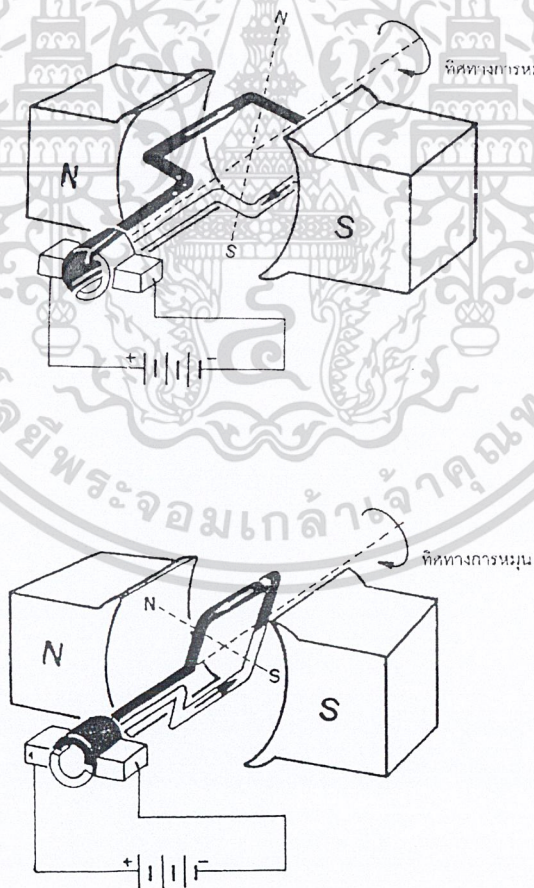
$$R_a = \text{ความต้านทานของขดลวดอาร์เมเจอร์}$$

ค่าของแรงดันไฟฟ้าต้านกลับนี้จะมีค่าไม่เท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์ แรงดันไฟฟ้าต้านกลับที่เกิดขึ้นสามารถเขียนเปรียบเทียบได้เหมือนกับในอาร์เมเจอร์นั้นมีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงซ่อนอยู่ และจ่ายไฟออกมาตรงกันข้ามกับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายเข้าไปดังรูป



รูปที่ 2.2 เปรียบเทียบเคียงของแรงดันไฟฟ้าต้านกลับ

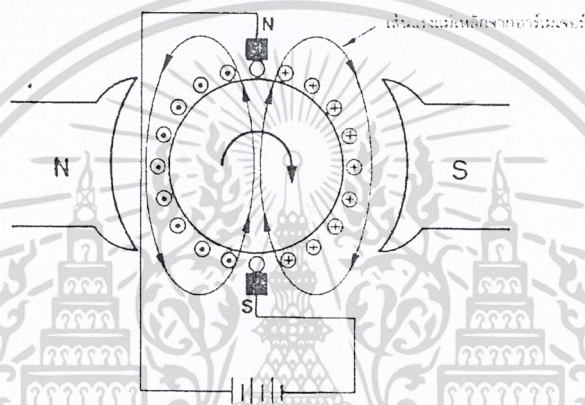
จากรูป เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่าย ซึ่งประกอบด้วยขดลวดที่วางอยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็ก โดยปลายของขดลวดทั้งสองต่อเข้ากับคอมมิวเตเตอร์ด้านละซี่ ซึ่งจะมีแปรงถ่านต่อไว้และแปรงถ่านทั้งสองต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากภายนอก



รูปที่ 2.3 แสดงมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ถ้าอาร์เมเจอร์ที่ใช้ขดลวดหลายขด แต่ละขดก็จะเกิดปฏิกิริยาเช่นเดียวกันกับขดลวด 1 ขด ในขณะที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กซึ่งจะมีขั้วดังแสดงในรูป ขั้วเหนือของสนามแม่เหล็กที่ขดลวดอาร์เมเจอร์จะสอดเข้าหาขั้วใต้ของขั้วแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กหลัก แรงดึงดูดกันนี้ทำให้มีแรงผลึกหมุนที่อาร์เมเจอร์ ทำให้หมุนไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกา เกิดแรงบิดที่สม่ำเสมอราบเรียบไม่กระตุกเพราะมีขดลวดหลายๆ ขดที่อยู่ติดกันผลัดกันทำงานที่ละขดตามลำดับ การที่มีขดลวดหลายๆ ขดเช่นนี้จึงทำให้เกิดสนามแม่เหล็กที่อาร์เมเจอร์ขึ้นค่าหนึ่ง ซึ่งเปรียบเหมือนว่ามีค่าคงที่ หรือสนามแม่เหล็กที่อาร์เมเจอร์จะอยู่ในตำแหน่งที่คงที่ในขณะที่อาร์เมเจอร์กำลังหมุนอยู่



รูปที่ 2.4 การเกิดสนามแม่เหล็กที่ขดลวดอาร์เมเจอร์

แรงที่กระทำบนขดลวดตัวนำต่อหนึ่งขดในขณะที่มีกระแสไหลผ่านตัวนำนั้นจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนกระแสที่ไหล ความเข้มของสนามแม่เหล็กและความยาวของตัวนำในส่วนที่ตัดผ่านสนามแม่เหล็ก แรงที่เกิดขึ้นนี้ใช้สัญลักษณ์ F ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$F = ILB$$

เมื่อ

F = แรงที่กระทำที่ขดลวดตัวนำมีหน่วยเป็นนิวตัน

B = ความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กมีหน่วยเป็นเวเบอร์ต่อตารางเมตร

L = ความยาวของตัวนำในส่วนที่ผ่านสนามแม่เหล็กมีหน่วยเป็นเมตร

I = กระแสที่ไหลในขดลวดตัวนำมีหน่วยเป็นแอมแปร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการจะเห็นว่า ถ้าสนามแม่เหล็กมีค่าคงที่ และความยาวของขดลวดตัวนำมีค่าคงที่ แรงผลักหรือแรงที่กระทำก็จะเป็นสัดส่วน โดยตรงกับกระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดลวดตัวนำอย่างเดียว

แรงบิด (TORQUE) แรงบิดที่เกิดขึ้นนี้ใช้สัญลักษณ์ T

$$T = F \times R$$

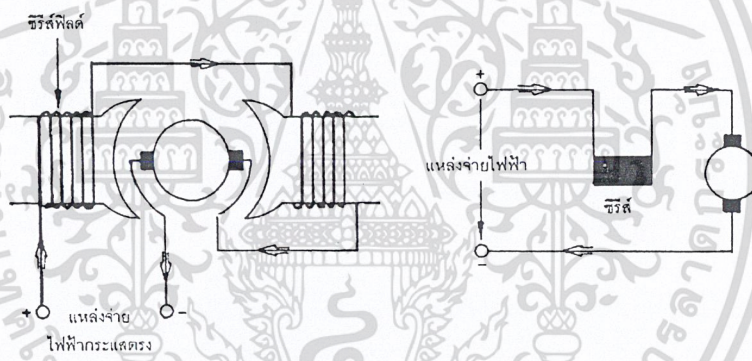
เมื่อ T = แรงบิดที่เกิดขึ้นมีหน่วยวัดเป็นนิวตันเมตร

R = ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของเพลาดึงตัวนำมีหน่วยวัดเป็นเมตร

2.2.2 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

1. ซีรีส์มอเตอร์

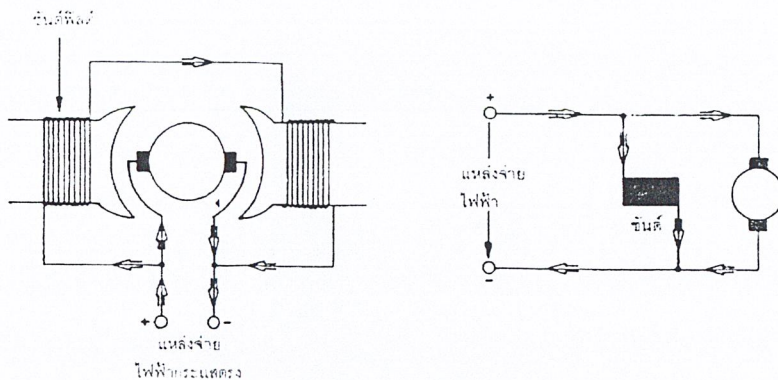
ซีรีส์มอเตอร์ เป็นมอเตอร์ที่มีขดลวดสนามแม่เหล็กพันด้วยลวดเส้นใหญ่ เรียกว่าขดซีรีส์ฟิลด์ และต่ออนุกรมเข้ากับอาร์เมเจอร์คังรูป ขดซีรีส์ฟิลด์จะมีความต้านทานต่ำ



รูปที่ 2.5 ซีรีส์มอเตอร์

2. ชันต์มอเตอร์

ชันต์มอเตอร์ เป็นมอเตอร์ที่มีขดลวดสนามแม่เหล็กพันด้วยลวดเส้นเล็ก เรียกว่าขดชันต์ฟิลด์ ขดลวดนี้ต่อขนานอยู่กับอาร์เมเจอร์คังรูป ขดชันต์ฟิลด์จะมีความต้านทานสูง



รูปที่ 2.6 ขั้วแม่เหล็ก

3. คอมพิวเตอร์

คอมพิวเตอร์ เป็นมอเตอร์ที่มีขั้วแม่เหล็ก 2 ขั้วขั้วแม่เหล็กอยู่บนขั้วแม่เหล็กอันเดียวกัน โดยขั้วแรกคือขั้วขั้วแม่เหล็กซึ่งจะพันไว้ด้านในสุดของขั้วแม่เหล็ก ส่วนขั้วที่สองคือขั้วขั้วแม่เหล็กจะพันไว้ด้านนอกเป็นลวดเส้นใหญ่และมีจำนวนรอบเพียงเล็กน้อย

คุณลักษณะและการนำไปใช้งานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

1. มอเตอร์ชนิดนี้ขณะได้รับโหลดมาก ๆ มอเตอร์จะหมุนช้า แต่ในขณะที่มอเตอร์มีโหลดน้อย ๆ ความเร็วของมอเตอร์จะสูง ๆ แต่ถ้าไม่มีโหลดเลยมอเตอร์จะมีความเร็วสูงมากจนเกิดเป็นอันตราย เพราะในขณะที่มีโหลดน้อยหรือไม่มีโหลดเลยกระแสจะไหลผ่านขั้วแม่เหล็กน้อยมาก ดังนั้นขั้วแม่เหล็กจึงต้องค้ำอยู่กับโหลดเสมอ และห้ามใช้งานโดยไม่มีโหลด ขั้วแม่เหล็กจะต้องไม่นำไปใช้กับขั้วสายพานใด ๆ เลย เพราะบางครั้งอาจเผลอปลดเอาสายพานออกไปโดยไม่ได้ตั้งใจมอเตอร์ก็จะมีความเร็วสูงมาก และมอเตอร์อาจจะชำรุดเสียหายได้ ขั้วแม่เหล็กจะใช้กับเครื่องที่ต้องการแรงบิดสูง

2. ขั้วแม่เหล็ก

ขั้วแม่เหล็ก เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับมอเตอร์คงที่ จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กคงที่ ในขณะที่ไม่มีโหลดมอเตอร์จะใช้กระแสเพียงเล็กน้อยเพื่อเอาชนะความฝืด แต่เมื่อมอเตอร์มีโหลดกระแสในอาร์เมเจอร์จะสูงขึ้น แต่ความเร็วจะลดลงเล็กน้อย กระแสในอาร์เมเจอร์จะเปลี่ยนแปลงตามโหลดคือ โหลดมากกระแสจะสูง ถ้าลดโหลดลงกระแสจะลดลงซึ่งหาได้จากสมการคือ

$$E_b = V - I_a R_a$$

$$I_a = [V - E_b] / R_a$$

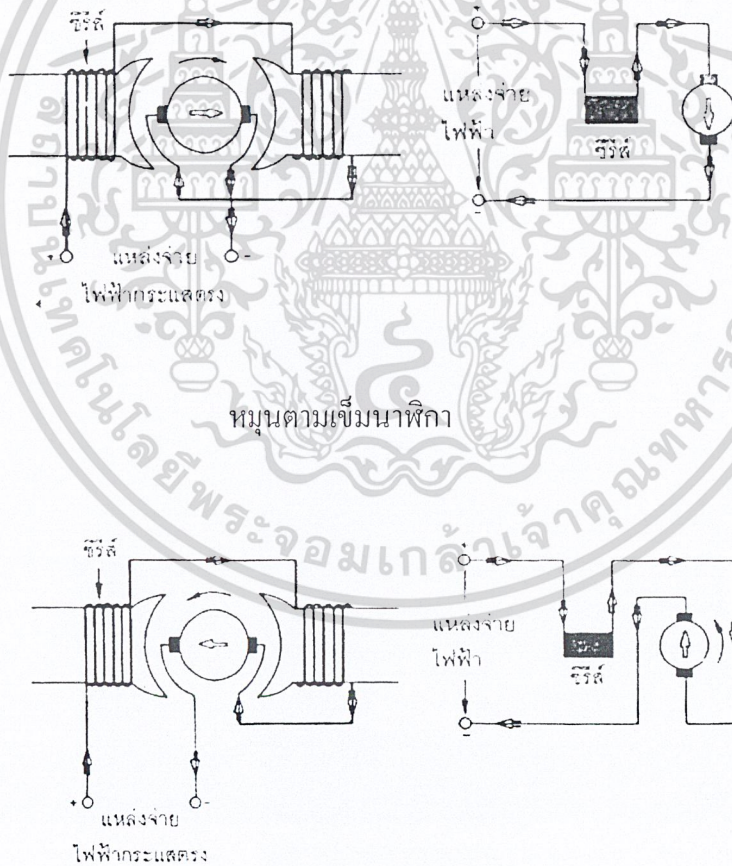
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 วิธีกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นขึ้นอยู่กับทิศทางของสนามแม่เหล็กที่ขดลวดฟิลด์คอยล์และทิศทางของกระแสที่ไหลในอาร์เมเจอร์ ในขณะที่มีกระแสไหลผ่านตัวนำจะทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กขึ้นรอบ ๆ ตัวนำนั้น

โดยปกติแล้วมอเตอร์จะต้องหมุนในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง แต่ด้วยเหตุบางประการจำเป็นต้องกลับทิศทางการหมุนบ้างเป็นครั้งคราวและสามารถทำได้ง่าย ๆ ก็โดยการกลับขั้วต่อของอาร์เมเจอร์หรือขั้วของขดลวดฟิลด์คอยล์เพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง

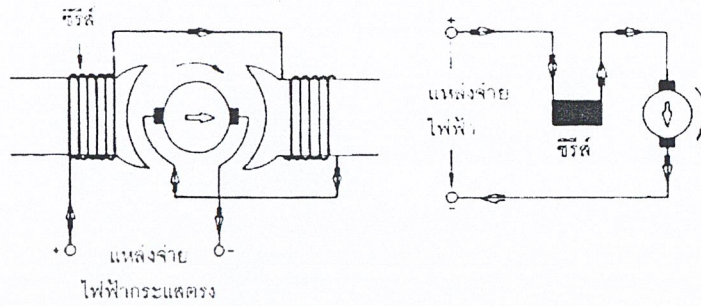
การกลับทิศทางการหมุนของซีรืส์มอเตอร์ โดยการกลับทิศทางการไหลของกระแสที่ไหลในอาร์เมเจอร์แสดงดังรูป ส่วนการกลับทิศทางการหมุน โดยการกลับทิศทางการไหลของกระแสในขดลวดฟิลด์คอยล์แสดงดังรูป



หมุนทวนเข็มนาฬิกา

รูปที่ 2.7 แสดงการกลับทิศทางการหมุนของซีรืส์มอเตอร์ โดยการกลับทิศทางการไหลของกระแสในอาร์เมเจอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 แสดงการกลับทิศทางการหมุนของซิริสมอเตอร์

โดยการกลับทิศทางการไหลของกระแสในขดลวดซิริสฟิลด์

การกลับทิศทางการหมุนของซิริสมอเตอร์ก็สามารถทำได้เช่นเดียวกันกับการกลับทิศทางการหมุนของซิริสมอเตอร์

2.2.4 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับแรงดันไฟฟ้าต้านกลับ และเป็นส่วนกลับกับเส้นแรงแม่เหล็ก

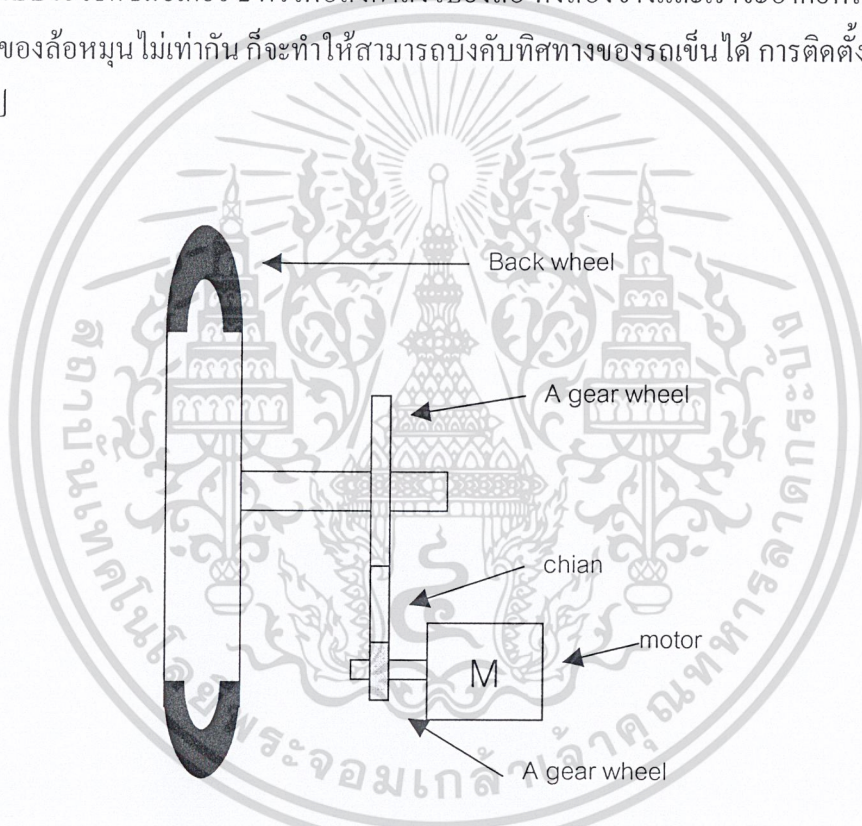
จาก $N = K [E_b / \Phi]$
 แต่ $K = 60A / ZP =$ ค่าคงที่
 ดังนั้นจะได้ $N = [60A / ZP] * [E_b / \Phi]$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการจะเห็นว่าความเร็วรอบของมอเตอร์จะเพิ่มขึ้นเมื่อเส้นแรงแม่เหล็กลดลง หรืออาจเพิ่มแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์ก็ได้ ในทางปฏิบัตินั้นการควบคุมความเร็วนั้นจะนิยมใช้การควบคุมเส้นแรงแม่เหล็ก โดยการควบคุมกระแสที่ไหลผ่านขดลวดฟิลด์คอยล์โดยการนำความต้านทานชนิดปรับค่าได้เรียกว่ารีโอสแตตมาต่อเข้าวงจรฟิลด์คอยล์

2.2.5 การติดตั้งมอเตอร์

การติดตั้งดีซีมอเตอร์ เราจะต้องพิจารณาถึงแรงบิด และขนาดของตัวมอเตอร์เอง จากรูปการออกแบบจะใช้ดีซีมอเตอร์ 2 ตัว เพื่อส่งกำลังไปยังล้อ ทั้งสองข้างและเราจะอาศัยหลักการถ้าความเร็วของล้อหมุนไม่เท่ากัน ก็จะทำให้สามารถบังคับทิศทางของรถเดินได้ การติดตั้งมอเตอร์จะเป็นดังรูป



รูปที่ 2.9 แสดงการติดตั้ง ดีซี มอเตอร์

2.3 แบตเตอรี่

โครงการนี้ได้ใช้แบตเตอรี่ชนิด ซีลเอดลีดแอซอซิดแคลเซียม (Sealed Lead Acid Calcium) ขนาด 12 V 7 A 2 ตัว ต่ออนุกรมกันจะได้แรงดันประมาณ 24 V 7A ซึ่งคุณสมบัติที่ควรคำนึงถึงของแบตเตอรี่คือ การจ่ายกระแสให้แก่วงจรได้อย่างต่อเนื่องซึ่งระยะเวลาการคายประจุ (Discharge)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรทางเคมีแสดงให้เห็นว่าสารละลายอิเล็กโทรไลต์ จะเจือจางลงโดยโมเลกุลของน้ำที่เกิดขึ้นเป็นลักษณะเดียวกับที่เซลล์คายประจุ ในการประจุไฟกลับเข้าไปใหม่เราสามารถทำได้โดยการป้อนกระแสกลับเข้าไปในแบตเตอรี่เพื่อบังคับให้เกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้น ในทางกลับกันในตอนแรกดังสมการ (2.3.2.1) ซึ่งแรงดันของแหล่งจ่ายไฟจากภายนอก จะมีค่าอยู่ระหว่าง 1.1 ถึง 1.2 เท่าของแรงดันเซลล์ปกติ

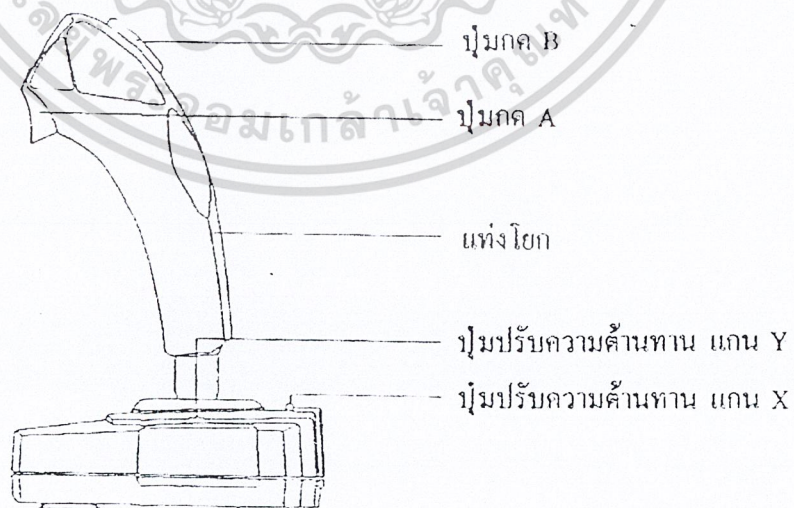
2.4 จอยสติค (Joy Stick)

โดยทั่วไปเราคุ้นเคยกับการใช้จอยสติคเป็นส่วนประกอบของเครื่องเล่นเกมส์ชนิดต่างๆ แต่เมื่อพิจารณาลักษณะการทำงานแล้วยังมีอุปกรณ์หรือเครื่องมืออีกหลายอย่างที่ใช้ในงานในลักษณะเช่นนี้ เช่น คันโยกบังคับเครื่องบิน คันโยกบังคับรถแทรกเตอร์ เป็นต้น ทำให้เราสนใจที่จะนำจอยสติคมาประยุกต์ใช้งาน โดยนำจอยสติคที่มีขายอยู่ในท้องตลาดมาศึกษา

2.4.1 โครงสร้างจอยสติค

โครงสร้างภายนอกจอยสติคประกอบด้วย

- ปุ่มกด A
- ปุ่มกด B
- แท่งโยก
- ปุ่มเคลื่อนปรับความต้านทานในแนวแกน Y
- ปุ่มเคลื่อนปรับความต้านทานในแนวแกน X

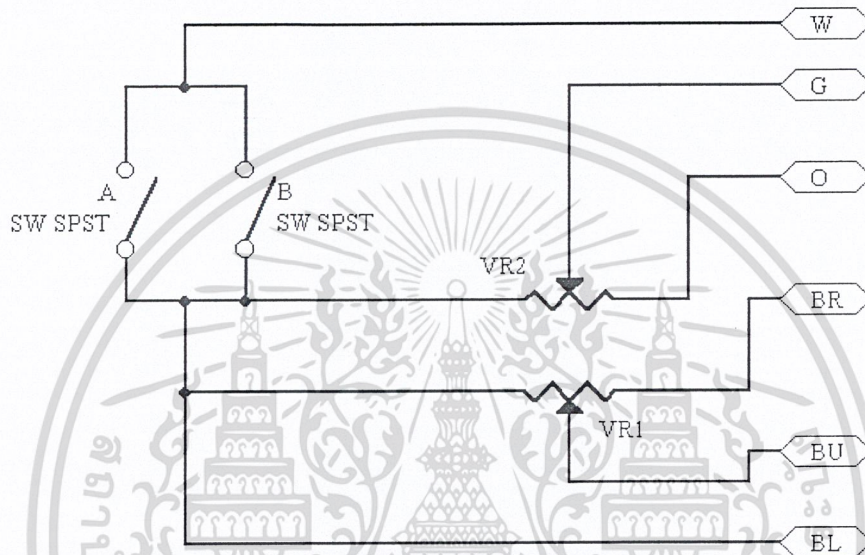


รูปที่ 2.11 แสดง โครงสร้างของจอยสติค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 วงจรภายในและการทำงานของจอยสติค

ในการใช้งานจอยสติคจะต้องศึกษาวงจรภายในของจอยสติคที่ทำหน้าที่เปลี่ยนการ โยคซึ่ง เป็นงานทางกลให้เป็นค่าทางไฟฟ้า โดยแสดงวงจรภายในดังรูป



รูปที่ 2.12 แสดงวงจรภายในของจอยสติค

เมื่อโยคจอยสติคในทิศทางต่างๆจะทำให้เกิดการเปลี่ยนค่าความต้านทานในแนวแกน Y และในแนว แกน X โดยค่าความต้านทานในแนวแกน Y จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อโยคจอยสติคไปข้างหน้า หรือกลับหลังและค่าความต้านทานในแนวแกน X จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อโยคจอยสติคไปทาง ขวาหรือซ้าย จุดกึ่งกลางเป็นจุดที่ค่าความต้านทานของแกน Y และแกน X อยู่กึ่งกลางการเปลี่ยน แปลงค่าความต้านทานจะแสดงไว้ในตาราง

2.5 ออปแอมป์ (Operational Amplifier)

วงจรรขยายที่ใช้ออปแอมป์ไม่ว่าจะเป็นวงจรรขยายแบบกลับเฟสหรือวงจรรขยายแบบไม่กลับเฟส จำเป็นที่จะต้องมีการป้อนกลับแบบลบเสมอ ในวงจรรขยายที่ใช้ออปแอมป์จะถือว่า โหนดต่อไปนี้มี อิมพีแดนซ์ (Impedance) ต่ำมาก จนถือว่าเป็นกราวด์เสมือน (Virtual ground) ได้

2.5.1 ที่เอาต์พุทของออปแอมป์ เนื่องจากเราถือว่า อิมพีแดนซ์ที่เอาต์พุทมีค่าเป็นศูนย์

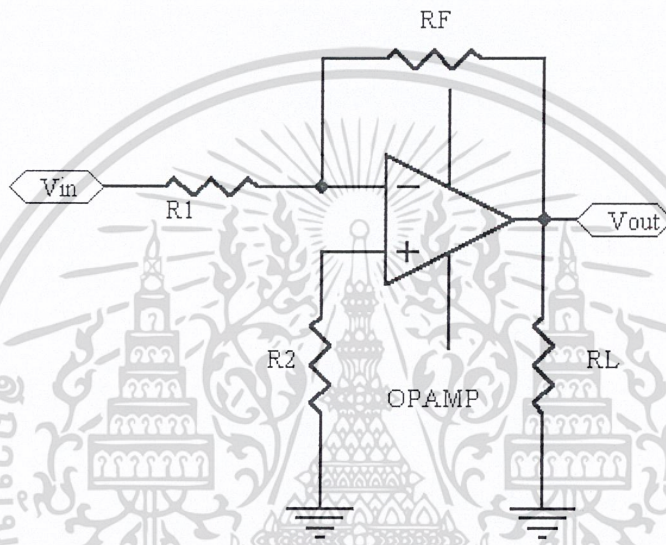
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 ที่ขั้วทางเข้าแบบกลับเฟส (Inverting Input) โดยทฤษฎีของมิลเลอร์ อิมพีแดนซ์ R_F สามารถถูกแยกออกเป็น 2 ตัว คือ R_{m1} , R_{m2} โดยค่าของ

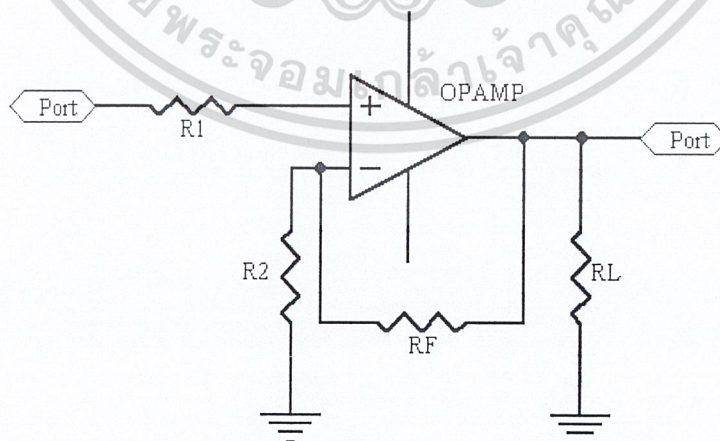
$$R_{m1} = \frac{R_F}{1 - A_{vm}}$$

โดย A_{vm} คืออัตราขยายขณะที่ไม่มีการ R_F เป็นอัตราขยายเปิดรูปของออปแอมป์ ซึ่งจะมีค่าสูงกว่า

2.5.3 ที่ขั้วทางเข้าแบบไม่กลับเฟสเรารู้ว่า มีอิมพีแดนซ์สูงมาก

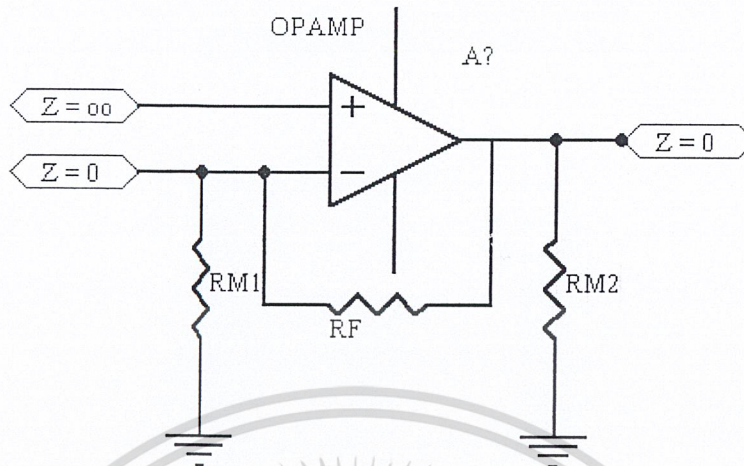


รูปที่ 2.13 วงจรขยายแบบกลับเฟส



รูปที่ 2.14 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 อิมพีแดนซ์ที่ขั้วต่างๆ

2.6 วงจรพัลส์วิดิมอดดูเลชัน Pulse Width Modulation (P.W.M)

ในการควบคุมความเร็วมอเตอร์ดีซี นิยมใช้เทคนิคการควบคุมความกว้างของพัลส์ ซึ่งเป็นการควบคุม โดยการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาที่อยู่ปรณส์วิตซ์ อิเล็กทรอนิกส์ เช่นทรานซิสเตอร์, เพาเวอร์มอสเฟต, ไอจีบีที(IGBT) แต่ในโครงการนี้เราจะใช้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ เบอร์ BU208

2.6.1 ลักษณะของ P.W.M โดยทั่วไปมีอยู่ 3 ลักษณะคือ

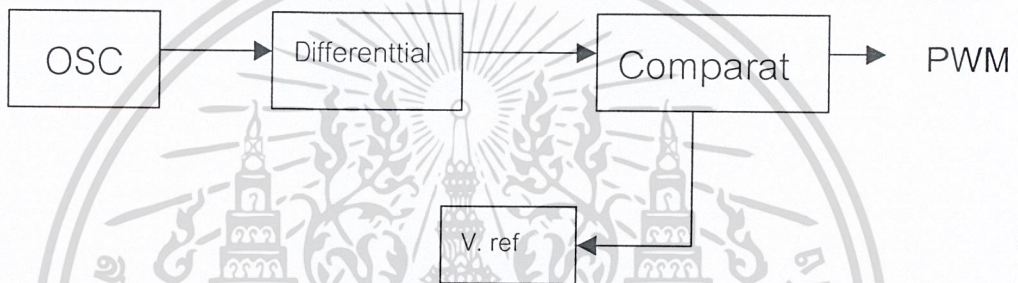
- 1) เปลี่ยนแปลงทั้งความกว้างและความถี่ของพัลส์ (Variation of both frequency and pulse)
- 2) เปลี่ยนความถี่โดยความกว้างของพัลส์คงที่ (Constant pulse width with variable frequency)
- 3) เปลี่ยนแปลงความกว้างของพัลส์ โดยความถี่คงที่ (Constant frequency with variable pulse width)

การทำงานทั้งสามลักษณะนี้มีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป การทำงานในลักษณะที่ สองกับสาม จะดีกว่าแบบที่หนึ่ง เนื่องจากสามารถกำหนดความถี่หรือช่วงเวลา t_{on} ที่ทำให้สวิตซ์ชิ่งหรืออุปกรณ์ควบคุมการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ แต่แบบที่หนึ่งนั้นความกว้างของพัลส์กำหนดขึ้นจากวงจรจึงอาจไม่ใช่ความถี่ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการใช้งานก็ได้ ดังนั้นวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พัลส์วิดมอดส่วนใหญ่ จึงใช้การทำงานในลักษณะที่สองหรือที่สามเป็นส่วนใหญ่ ในปัจจุบันได้มีผู้ผลิตไอซีในงาน พัลส์วิดมอดออกมาจำหน่ายโดยได้พัฒนามาเป็นวงจรสำเร็จรูปในไอซีตัวเดียวเหมาะสำหรับใช้งานในด้านแหล่งจ่ายไฟตรงโดยเฉพาะ ซึ่งการใช้งานไอซีเหล่านี้สามารถใช้งานได้ง่าย โดยต่ออุปกรณ์ภายนอกเพียงเล็กน้อยเพื่อใช้ในการกำหนดจุดการทำงานของไอซีเพื่อให้การทำงานสมบูรณ์ขึ้น อาจมีการเพิ่มเติมวงจรสำหรับระบบต่างๆเช่นวงจรเปรียบเทียบสำหรับป้องกันกระแสหรือแรงดัน

หลักการทำงานเบื้องต้น



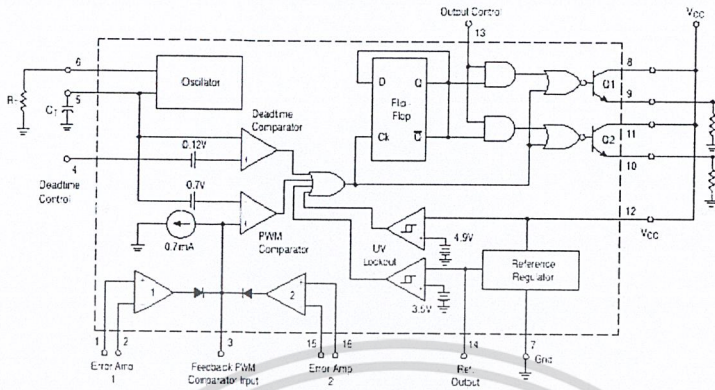
รูปที่ 2.16 แสดงรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตของพัลส์วิดมอด

วงจรจะสร้างสัญญาณพัลส์ เป็นตัวกำเนิดสัญญาณความถี่ และควบคุมความกว้างของสัญญาณพัลส์ตามที่ค่าคำสั่งจ่ายให้กับวงจร จากรูป กำหนดค่าคำสั่งเท่ากับ U_{in} ซึ่งเป็นแรงดันระดับไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับสัญญาณรูปฟันเลื่อยที่ถูกสร้างขึ้นภายในวงจร P.W.M. หน้าทีของวงจรคือ สร้างสัญญาณรูปฟันเลื่อยกับระดับแรงดัน U_{in} ซึ่งจะได้เอาท์พุทเป็นสัญญาณพัลส์ที่เปลี่ยนแปลงค่า Duty Cycle ตามผลการเปรียบเทียบเอาท์พุทที่จะนำไปผ่านวงจรขับมอเตอร์เพื่อควบคุมความเร็วของมอเตอร์ต่อไป ส่วนสัญญาณ Dead Time Control ที่เห็นในรูปเป็นสัญญาณอินพุทอีกขาหนึ่ง IC# TL 494 มีไว้ในกรณีที่ต้องการควบคุม dead time โดยมีคุณสมบัติเดียวกันกับ U_{in}

2.6.2 การสร้างวงจรกำเนิดสัญญาณ P.W.M.

ไอซี เบอร์ TL 494 ที่ออกแบบมาเพื่อใช้ควบคุมการทำงานของคอนเวอร์เตอร์ โดยทำงานด้วยโหมคควบคุมจากแรงดัน มีโครงสร้างดังรูป

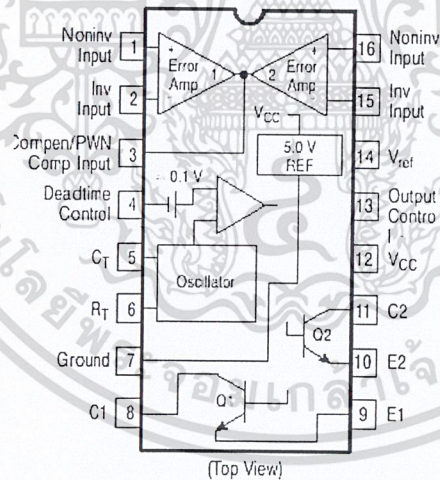
TL494



This device contains 40 active transistors.
 Figure 1. Representative Block Diagram

รูปที่ 2.17 แสดงการจัดโครงสร้างภายใน

PIN CONNECTIONS



รูปที่ 2.18 การจัดขา ไอซี TL 494

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำหนดคาบเวลาการทำงาน

วงจรถ่าย TL 494 เป็นวงจรถ่าย PWM ที่มีความถี่คงที่ คาบเวลาการทำงานของพัลส์กำหนดโดยค่าของ R_T และ C_T จากภายนอกที่ขา 6 และ 5 ของไอซี คาบเวลาการทำงานจะกำหนดได้จาก

$$\text{Single - ended} \quad f_{osc} = 1.1/R_T.C_T$$

$$\text{Pushpull} \quad f_{osc} = 1.1/2R_T.C_T$$

การหาค่า R_T , C_T หาได้ดังนี้

การคำนวณหาค่า R_T , C_T

กำหนดให้ f_{osc} เท่ากับ ความถี่ของสัญญาณพัลส์

R_T, C_T เท่ากับ ค่าพารามิเตอร์ของวงจรถ่ายกำเนิดสัญญาณพัลส์

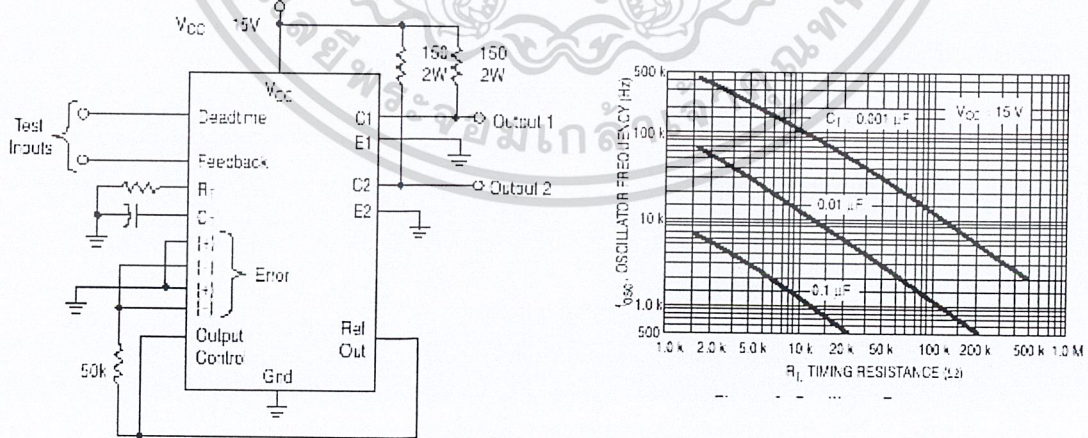
$$f_{osc} = 1.1 / R_T C_T$$

ความถี่ที่ใช้ในการขับมอเตอร์จะเลือกใช้ที่ 10 KHz เหตุผลที่เลือกความถี่ในย่านนี้เพื่อต้องการให้กระแสของมอเตอร์มีริบเปลี่นน้อย เราสามารถเลือกความถี่ให้มีค่ามากกว่านี้ แต่ผลที่ตามมาจะมีสัญญาณรบกวนมาก จากคู่มือของ TL 494 จะหาค่า R_T และ C_T จากสูตรดังนี้

$$R_T = 1.1 / f_{osc} \cdot C_T$$

พิจารณาเลือก $C = 2.2 \text{ nF}$ และความถี่ที่ 10 KHz จะได้ R_T มีค่า

$$R_T = 50 \text{ k}\Omega$$



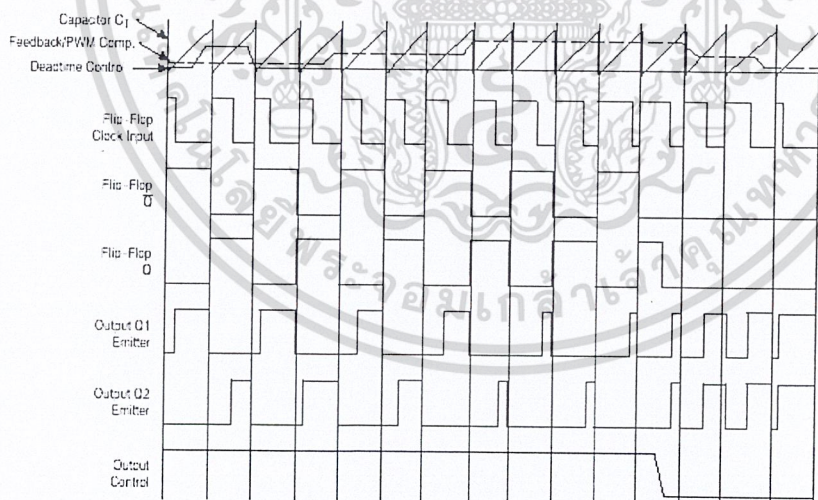
รูปที่ 2.19 แสดงความสัมพันธ์ของค่า R_T และ C_T ในการกำหนดความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3 การทำงานของไอซี

ความกว้างเอาต์พุตพัลส์ของไอซีจะได้รับการเปรียบเทียบสัญญาณฟันเลื่อยที่ขา 5 กับแรงดันที่ได้จากวงจรขยายความต่าง (Error Amp) ทั้ง 2 ตัวที่ PWM Comparator ส่วน NOR เกท ที่ควบคุมทรานซิสเตอร์เอาต์พุต Q1 และ Q2 จะทำงานก็ต่อเมื่อขา Ck ของ Flip – Flop อยู่ในสถานะ Low เท่านั้น ซึ่ง C_k ก็จะเป็น Low ได้ก็ต่อเมื่อแรงดันของสัญญาณฟันเลื่อยมากกว่าแรงดันที่มาจาก Error Amp ทั้ง 2 ตัว นั่นคือแรงดันป้อนกลับจากเอาต์พุตของคอนเวอร์เตอร์ หากมีค่าสูง ความกว้างเอาต์พุตพัลส์ของไอซีจะลดลง ในทางกลับกัน แรงดันป้อนกลับหากมีค่าลดลงความกว้างพัลส์ของไอซีจะเพิ่มขึ้น

ความกว้างเอาต์พุตพัลส์ของไอซีนีสามารถกำหนดให้มีค่ามากที่สุดหรือมีค่าเท่ากับศูนย์ได้ด้วยการเปลี่ยนแปลงแรงดันที่ขา 3 จาก 0.5 โวลต์ จนถึง 3.5 โวลต์ ส่วน Error Amp ทั้งสองตัวจะมีช่วงของอินพุต คอมมอน โหมด ตั้งแต่ -0.3 ถึง $(V_{cc} - 2)$ โวลต์และสามารถใช้ตรวจจับแรงดันหรือกระแสที่เอาต์พุตของคอนเวอร์เตอร์ได้ Error Amp ทั้ง 2 ตัว จะให้เอาต์พุตในสถานะ High (Active High) โดยต่อกันอยู่ในสถานะ OR ที่ขา non-inverting ของ PWM Comparator การต่อกันในลักษณะนี้ Error ที่จะทำให้เกิดความกว้างเอาต์พุตพัลส์ต่ำสุด จะเป็นตัวควบคุมความกว้างของเอาต์พุตพัลส์ของไอซี



รูปที่ 2.20 รูปคลื่นลักษณะการทำงาน IC TL494

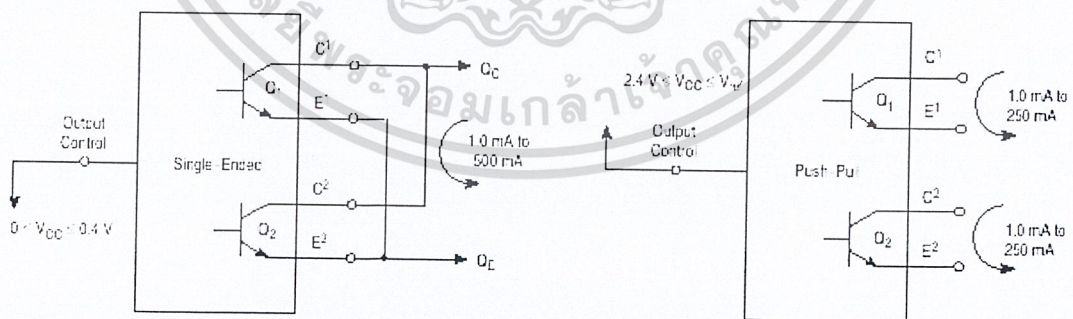
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำหนดค่าเวลาเพื่อ T_D

TL 494 สามารถให้ผู้ใช้กำหนดค่าเวลาเพื่อ t_D ด้วยการต่อแรงดันระหว่าง 0 ถึง 3.3 โวลต์ที่ขา 4 ของ ไอซี อย่างไรก็ตาม หากแรงดันที่ขา 4 มีค่าเท่ากับ 0 โวลต์ ค่าเวลาเพื่อต่ำสุดของไอซีจะไม่ต่ำกว่า 4 เปอร์เซ็นต์ของค่าคาบเวลาการทำงานเนื่องจากมีแรงดันออฟเซ็ท 120 มิลลิโวลต์ต่ออยู่ภายใน ดังนั้นช่วงเวลา t_{ON} สูงสุดของคอนเวอร์เตอร์ที่ได้จากไอซีจะเท่ากับ 48 % ของค่าคาบเวลาเมื่อต่อขา 13 (output control) เข้ากับขา 14 (+5 Vref) และมีค่าเท่ากับ 96% ของค่าคาบเวลาเมื่อต่อขา 13 ลงกราวด์

การเลือกใช้ Q1 และ Q2 ที่เอาต์พุตของไอซี

เอาต์พุต Q1 และ Q2 ของไอซีสามารถทำงานได้ 2 โหมด คือ ทำงานได้พร้อมกันหรือสลับกันทำงาน ซึ่งสามารถเลือกทำงานได้ที่ขา 13 (output control) โดยขณะที่ C_T ดิซชาร์จเอาต์พุตของ Dead Time Comparator จะให้พัลส์ออกมา C_k จะมีสถานะ High และหยุดการทำงานของ Q1 และ Q2 ถ้ากำหนดให้ขา 13 มีสถานะเป็น High โดยการต่อเข้ากับขา 4 (+5 Vref) Q1 และ Q2 จะสลับการทำงานของ Flip-Flop เพื่อให้ขั้วคอนเวอร์เตอร์แบบ พุชพูล ในกรณีนี้คาบเวลาการทำงานจะเป็น 2 เท่าของค่าคาบเวลาสัญญาณฟันเลื่อยของไอซี แต่ถ้ากำหนดให้ขา 13 มีสถานะเป็น Low โดยการต่อลงกราวด์ (ยกเลิก Flip-Flop) Q1 และ Q2 เข้าด้วยกัน ถ้าต้องการให้นำกระแสได้มากขึ้น ในกรณีนี้คาบเวลาการทำงานจะมีค่าเท่ากับค่าคาบเวลาของสัญญาณฟันเลื่อยของไอซี (ช่วงเวลานำกระแสสูงสุดเท่ากับ 96% ของค่าคาบเวลา)



รูปที่ 2.21 แสดงลักษณะการเลือกใช้อาต์พุตของ TL 499

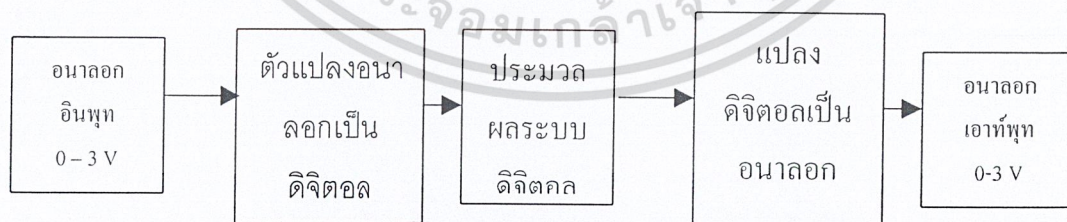
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TL 494 ต้องการไฟเลี้ยงในช่วง $7 \leq V_{cc} \leq 40$ โวลต์ มีแรงดันอ้างอิงภายใน $V_{ref} = 5$ โวลต์ และ สามารถจ่ายกระแสได้ถึง 10 มิลลิแอมป์เพื่อใช้กับวงจรภายนอกได้ โดยมีค่าความถูกต้อง $\pm 1.5\%$ ความคลาดเคลื่อนทางอุณหภูมิมีค่าน้อยกว่า 50 มิลลิโวลต์เมื่อทำงานในช่วง 0° ถึง 70°

2.7 วงจรแปลงดิจิตอลเป็นอนาลอก (Digital to Analog)

ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะต้องมีการเชื่อมโยงกันระหว่างสัญญาณอนาลอก และสัญญาณดิจิตอลเนื่องจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณต่างๆซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวนี้ทำหน้าที่แปลง ปริมาณทางฟิสิกส์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า กล่าวสั้นๆ คือ แปลงพลังงานทางฟิสิกส์เป็นแรงดันไฟฟ้า เช่น ตัวแปลงสัญญาณอุณหภูมิเป็นแรงดันสามารถแปลงอุณหภูมิ 1°C ต่อ 10 mV หรือตัวตรวจจับ ความเร็วรอบ สามารถแปลงความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาทีเป็นแรงดัน 100 mV เป็นต้น

ตัวตรวจจับเหล่านั้นให้ปริมาณแรงดันไฟฟ้าออกมา แรงดันไฟฟ้านี้คือสัญญาณอนาลอกซึ่ง เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณทางฟิสิกส์ที่ตรวจจับได้ สัญญาณเหล่านี้เมื่อนำมาประมวลผลด้วยเครื่อง คอมพิวเตอร์จะต้องมี การแปลงสัญญาณ อนาลอกเป็นดิจิตอลเพื่อให้คอมพิวเตอร์ประมวลผลได้ และเมื่อคอมพิวเตอร์ประมวลผลแล้ว ต้องการจะส่งสัญญาณกลับมาเป็นอนาลอกจึงต้องมีวงจรแปลง สัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก ดังในรูป เป็นระบบดิจิตอลที่รับแรงดันอนาลอกในย่าน 0 – 3 V มา แปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลด้วยตัวแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอล และส่งสัญญาณดิจิตอลเข้าวงจร ประมวลผลด้วยระบบดิจิตอล เมื่อประมวลผลแล้วถ้าต้องการแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก ด้วยตัวแปลงดิจิตอลเป็นอนาลอก จะได้แรงดันอนาลอกด้านออก 0 – 3 V เหมือนกับสัญญาณแรงดัน ด้านเข้า



รูปที่ 2.22 แสดงระบบดิจิตอลเชื่อมต่อสัญญาณอนาลอก

ชนิดของวงจร ดิจิตอล หู อนาลอก (D/A)

D/A แบบโครงข่ายตัวต้านทาน

1. D/A แบบ R/2R แลคเคอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากแบบโครงข่ายมีปัญหาเรื่องค่าความต้านทานที่ LSB จะมีค่าสูงมากและใช้ค่าความต้านทานหลายค่า จึงนิยมใช้วงจร D/A แบบ R/2R แลคเตอร์ในรูปแบบไอซีสำเร็จรูปที่นิยมกันแพร่หลายมี 2 ชนิด คือ ชนิด ซิมอสและไบโพลาร์เช่น ซิมอส D/A 6 bit # MC 144100 และ ขนาด 4 bit เบอร์ MC 144111 หรือชนิดไบโพลาร์ขนาด 8 บิต เบอร์ DAC – 08 หรือเบอร์ MC 10322 และ MC 10324

โปรเจกต์นี้ใช้วงจร D/A แบบ R/2R แลคเตอร์เบอร์ DAC 0808 ของ MOTOROLA ขนาด 8 บิตหรือเบอร์ MC 1408 ของ Phillip เป็นวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาลอกขนาด 8 บิต เป็นตัวถังแบบ DIP 12 ขาใช้งานในย่านอุณหภูมิ 0 ถึง + 75 องศาเซลเซียส มีค่าผิดพลาดค่าประมาณ + 0.19 % มีเวลาในการทำงานแต่ละรอบของการแปลงสัญญาณเท่ากับ 300 nS รับสัญญาณอินพุตได้ทั้ง TTL และ CMOS แรงดันอนาลอกเอาต์พุตอยู่ในย่าน +0.4 V - + 5 V มีความเร็วในการทำงานสูงมีอัตราคลอว์ 4.0 mA / μ S ใช้กับแหล่งจ่ายไฟ + 5V และ -5 V ถึง -15 V ให้กระแสอนาลอก ด้านเอาต์พุตเมื่อต้องการเปลี่ยนกระแสขาออก สามารถใช้ออปแอมป์ขยายสัญญาณแปลงกระแสเป็นแรงดันได้

เมื่อนำไอซี MC 1408 มาต่อใช้งานเบื้องต้นดังแสดงในรูป โดยป้อนข้อมูลดิจิทัล 8 บิตเข้าที่ A1 – A8 จ่ายแรงดันไบอัส (Vcc) ที่ขา 13 ขา 2 ต่อลงดิน ขา 14 ต่อแรงดันอ้างอิงด้านบวก (Vref+) โดยปรับที่ R14 และขา 15 ต่อลงดินต่อ C ที่ 16 กับขา 3 ในคู่มือกำหนด C = 15 Pf R 14 = R15 = 1K

$$I_o = K \left(\frac{A_1}{2} + \frac{A_2}{4} + \frac{A_3}{8} + \frac{A_4}{16} + \frac{A_5}{32} + \frac{A_6}{64} + \frac{A_7}{128} + \frac{A_8}{256} \right)$$

where $K \approx \frac{V_{REF}}{R_{14}}$

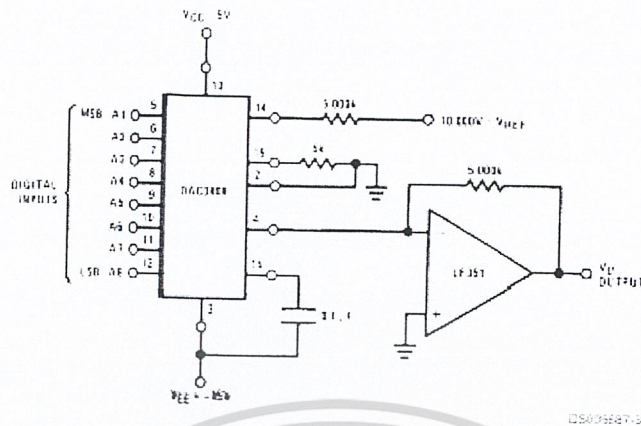
ปรับ

V ref = + 2V แรงดันเอาต์พุตคือแรงดันตกคร่อม $R_L = I_o R_L$ และ I_o หาได้จากสมการ

And $A_n = 1$ if A_n is high level

$A_n = 0$ if A_n is low level

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.23 วงจรใช้งานของวงจร D/A

MC 1408 ให้กระแสเอาต์พุตสูงสุดที่ 1.91 mA ที่ 8 บิต อินพุตสูงสุด = 11111111 และให้กระแสเอาต์พุตต่ำสุด 0 mA เมื่อ 8 บิตอินพุตมีค่าต่ำสุด = 00000000 การต่อวงจรให้จ่ายแรงดันอนาลอกได้อย่างมีประสิทธิภาพต้องใช้วงจรขยายแรงดันด้วยออปแอมป์ต่อที่ขาเอาต์พุตขา 4 เพื่อแปลงกระแสให้เป็นแรงดัน

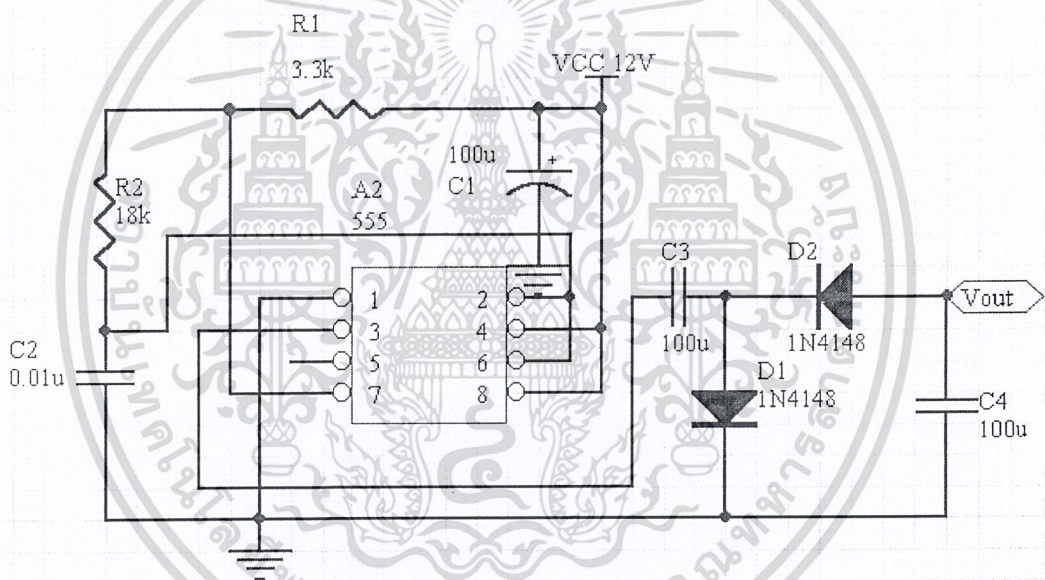
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การทำงานของวงจรและการออกแบบ

3.1 วงจรแรงดันคงที่

เนื่องจากเราใช้แบตเตอรี่ขนาด 12v สองตัวต่ออนุกรมกันทำให้ได้ไฟที่แบตเตอรี่จะจ่ายออกมาได้ 12v กับ 24v แต่วงจรทั้งหมดต้องการไฟ 24v, 12v, -9v, 5v จึงต้องใช้วงจรดีซีโวลท์เตจคอนเวอร์เตอร์เพื่อแปลงไฟบวกให้เป็นไฟลบโดยใช้วงจรข้างล่าง



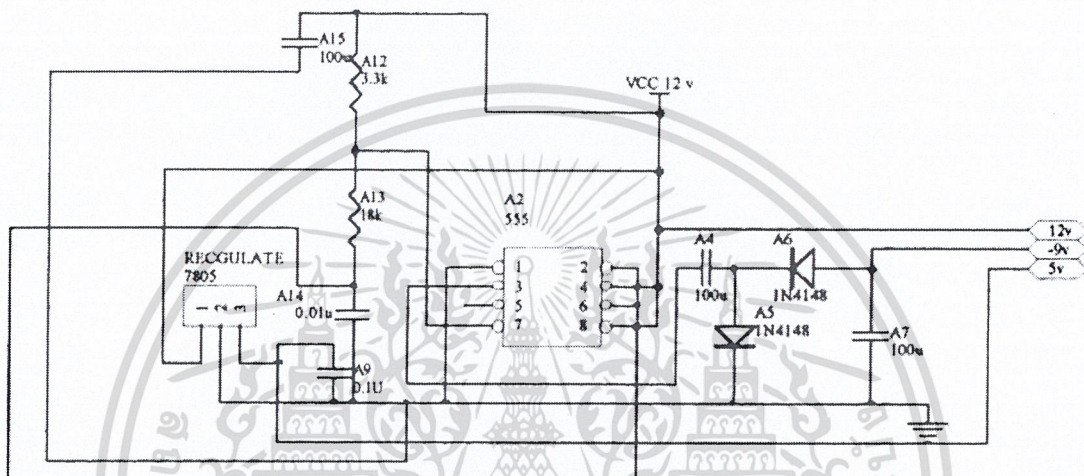
รูปที่ 3.1 วงจรแรงดันลบ

จากวงจรจะใช้แรงดัน VCC เท่ากับ 12V ให้กับไอซีเบอร์ 555 ซึ่งเป็นไอซีที่สามารถจ่ายกระแสเอาท์พุทได้สูง ทำงานเป็นวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์รูปสี่เหลี่ยมมุมฉากที่เอาท์พุทสามประมาณ 3 กิโลเฮิรตซ์ ด้วยการกำหนดค่าความถี่จากค่าของ R1, R2, C2 และขั้วเข้าวงจรที่แรงดันที่ประกอบด้วย C3, D1, D2 และ C4 แรงดันที่ได้ออกมาจะมีค่าเป็นลบ เนื่องจาก D2 จะยอมให้พัลส์ขั้วลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกมาได้เท่านั้นและมาประจุที่ C4 ซึ่งต่อโดยเอาขาบวกลงกราวด์ในการทำงานเราจะได้แรงดันไฟตรงเอาที่พุตประมาณ -9V โดยที่เราสามารถคำนวณ แรงดันไฟได้ตามสมการ

$$-V_{out} \approx V_{cc} - (V_{d1} + V_{d2})$$



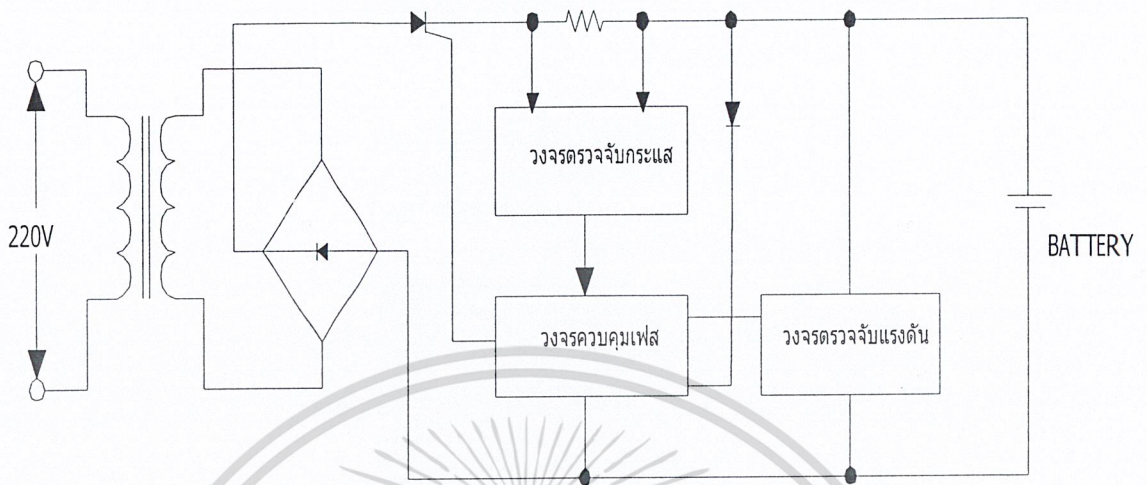
รูปที่ 3.2 วงจรภาคจ่ายไฟ

3.2 วงจรอัดประจุแบตเตอรี่

3.2.1 หลักการทำงานเบื้องต้นของวงจรประจุแบตเตอรี่

จากรูปเป็นบล็อกไดอะแกรมเบื้องต้นของวงจรประจุแบตเตอรี่ที่มีส่วนประกอบและหน้าที่การทำงานดังนี้

หม้อแปลงและไดโอดบริดจ์จะทำการลดแรงดันไฟฟ้า และจัดเรียงกระแสให้เป็นกระแสตรงให้ได้ตามขนาดที่ต้องการแล้วนำไปเข้าไทรสเตอร์ซึ่งเป็นตัวนำกระแสไฟฟ้าที่จะจ่ายให้แบตเตอรี่ ที่ถูกควบคุมการกระตุ้นจากวงจรควบคุมเฟสส่วนวงจรตรวจจับกระแสจะตรวจวัดกระแสที่เข้าแบตเตอรี่ว่ามีขนาดกี่แอมแปร์ แล้วส่งค่าที่วัดได้ให้กับภาคควบคุมเฟส โดยที่การตรวจวัดกระแส



รูปที่ 3.3 แสดงบล็อกโคอะแกรมเบื้องต้นของวงจรประจุแบตเตอรี่

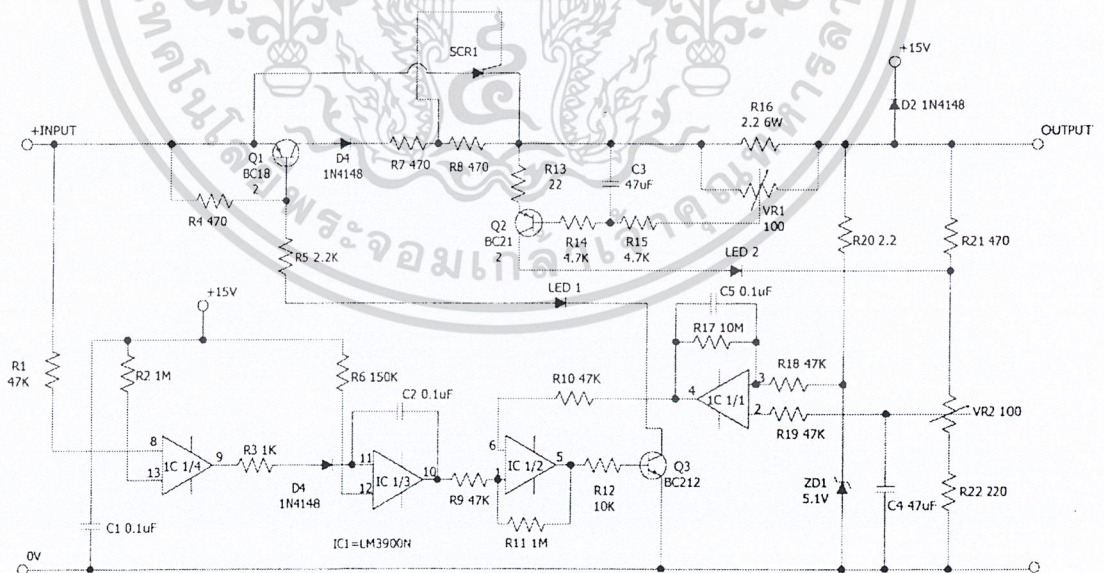
ไฟฟ้านี้ จะอยู่ในรูปของแรงดันไฟฟ้า นั่นคือวัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อม ตัวต้านทานที่ต่ออนุกรมกับวงจรและใช้สูตร $I=E/R$ เมื่อ E คือแรงดันไฟฟ้ามีหน่วยเป็นโวลต์ I คือแรงดันไฟฟ้ามีหน่วยเป็นแอมแปร์ R คือค่าความต้านทานมีหน่วยเป็นโอห์ม ก็จะได้กระแสไฟฟ้าที่จะจ่ายไปยังแบตเตอรี่ได้ ส่วนที่เป็นวงจรตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมอยู่ที่แบตเตอรี่และนำค่าที่ได้ส่งไปยังวงจรควบคุมเฟสต่อไป ที่วงจรควบคุมเฟสเป็นภาคที่บังคับให้ไทรสเตอร์ให้นำกระแสตามที่กำหนดไว้ โดยจะนำค่าที่รับได้จาก ภาคตรวจวัดกระแสและภาคตรวจวัดแรงดัน นำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ตั้งเอาไว้ ซึ่งเป็นข้อมูลเพื่อนำไปบังคับการไหลของกระแสไฟฟ้าไปยังแบตเตอรี่ที่ตัวไทรสเตอร์

การทำงานของวงจรประจุแบตเตอรี่อยู่ที่ภาคผนวก ไอซีออปแอมป์ที่ใช้เป็นแบบ นอร์ตัน ออปแอมป์ ซึ่งโดยคุณลักษณะของ ออปแอมป์แบบนี้ ค่าแรงดันเอาต์พุตจะถูกควบคุมโดยอินพุตที่อยู่ในรูปของกระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้า ทั้งขาอินเวิร์ตติง ซึ่งแรงดันเอาต์พุต จะมีค่าเป็นผลคูณของการขยายของออปแอมป์ กับผลต่างระหว่างกระแสอินพุตทั้งสองด้านที่ IC 1/4 จะต่อเป็นวงจรเปรียบเทียบแรงดันโดยขาที่ 8 ของ IC 1/4 ต่อกับแรงดันที่อินพุตของวงจร โดยผ่าน R1 และขา 13 ของ IC 1/4 ต่อกับแรงดันเอาต์พุตที่จ่ายให้กับแบตเตอรี่โดยผ่าน R2 และจะได้แรงดันพัลส์ที่ขา 9 ส่งเข้าขา 11 ของ IC 1/3 ที่ IC 1/3 ต่อเป็นตัวแปลงสัญญาณจากพัลส์เป็นฟันเลื่อย โดยที่ขา 12 ต่อกับไฟบวกที่เอาต์พุตขณะที่มีกระแสเข้ามาที่ขานี้จะทำให้เกิดช่วงขึ้นของสัญญาณสามเหลี่ยมและขณะที่ขา 9 มีกระแสเข้ามาจะเป็นช่วงตกของสัญญาณสามเหลี่ยมเอาต์พุตที่ได้จะส่งต่อไปยังขา 1 ของ IC 1/2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IC 1/1 ต่อเป็นวงจรขยายค่าผิดพลาดโดยที่ขา 2 ของ IC 1/1 จะต่อกับ VR 2 ซึ่งต่อกับ R21 , R22 เพื่อแบ่งแรงดันจากเอาต์พุตที่จ่ายให้กับแบตเตอรี่ และนำไปเปรียบเทียบกับแรงดันที่ขา 3 ของ IC 1/1 ที่ต่อกับชุด R20 , ZD1 , R18 ซึ่งเป็นแรงดันที่ผ่านการเรกูเรตด้วยซีเนอร์ไดโอดแล้วและอัตราการขยายแบบนี้จะมีค่าเป็นอัตราส่วนของ R17 ต่อ R18 ส่วน C5 เป็นตัวป้องกันความถี่ที่ไม่ต้องการโดยเอาต์พุตของ IC 1/1 ที่ขา 4 จะเป็นสัญญาณไฟตรงที่เปลี่ยนแปลงระดับแรงดันขึ้นลง จากการเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันไฟฟ้าที่ VR 2 ที่ผ่านการฟิลเตอร์โดย C4 แล้ว (จากแรงดันเอาต์พุตที่จ่ายให้กับแบตเตอรี่เป็นแบบพัลส์) และนำเอาต์พุตของ IC 1/1 ต่อกับขา 6 ของ IC 1/2 เป็นวงจรกำเนิดพัลส์โดยต่อแบบนอนอินเวอร์ตติ้งแอมป์ทำให้ขณะที่ขา 1 ของ IC 1/2 มีระดับสูงกว่าขา 6 ทำให้ได้เอาต์พุตเป็นบวกสูงสุด โดยเอาต์พุตของ IC 1/2 นี้จะนำไปใช้ในการกระตุ้นที่ SCR1 โดยผ่าน Q3 , LED1 , Q1 , D4 , R7 และ R8 โดย R8 จะต่อคร่อมระหว่างเกตกับแคโทดและนำแรงดันที่ตกคร่อมนี้ไปใช้ในการกระตุ้น SCR1 ให้ทำการนำกระแสจ่ายแก่แบตเตอรี่

R16 จะเป็นตัวต้านทานที่มีกระแสไหลผ่านไปยังแบตเตอรี่ จะใช้แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อม R16 ไปตรวจสอบขนาดกระแสไฟฟ้โดยใช้ VR1 เป็นตัวปรับขนาดการตรวจจับกระแสที่ตกคร่อม R16 ผ่าน R15 , R14 โดยมี C3 เป็นฟิลเตอร์เพื่อทำให้ที่ขาเบสของ Q2 เป็นระดับแรงดันไฟฟ้าที่เรียบขึ้นจากการที่กระแสไหลมากขึ้น ทำให้ Q2 นำกระแสมากขึ้น ระดับแรงดันที่เอนโอดของ LED2 สว่างขึ้นได้



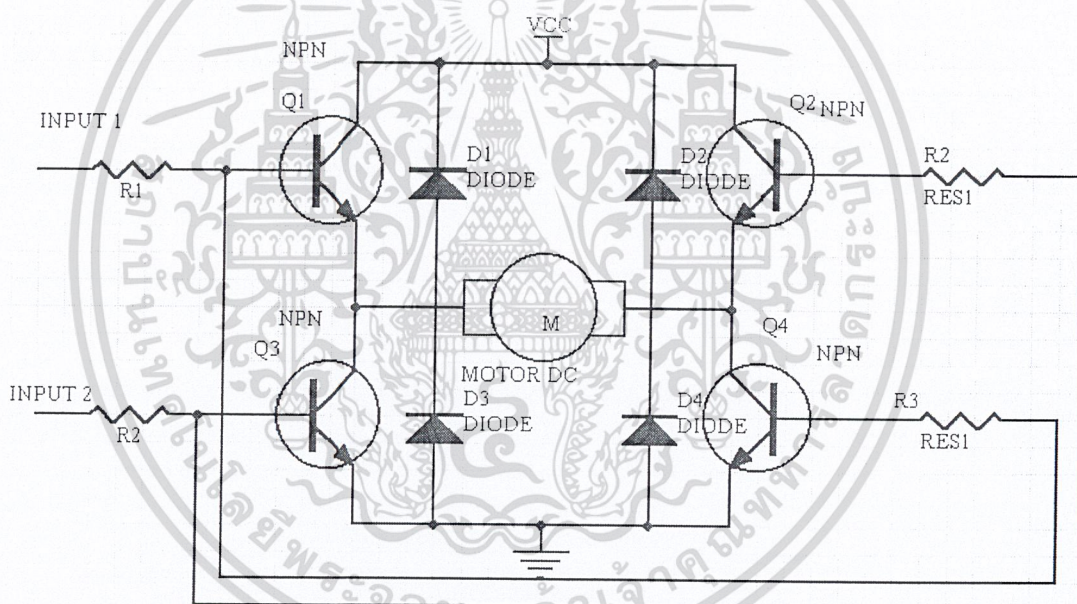
รูปที่ 3.4 รูปวงจรประจุแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วงจรขับมอเตอร์

วงจรถับมอเตอร์พื้นฐานแสดงได้ดังรูป เราจะกำหนดให้มีทรานซิสเตอร์เพียง 2 ตัวทำงานคู่กันคือ Q_1 , Q_4 กับ Q_2 , Q_3 ซึ่งการกำหนดให้ทรานซิสเตอร์นำกระแสเป็นคู่นี้สามารถทำให้เราสามารถบังคับทิศทางกระแสที่ป้อนให้กับตัวมอเตอร์ได้ ซึ่งก็คือการบังคับทิศทางการหมุนของมอเตอร์นั่นเอง

ไดโอด D_1, D_2, D_3, D_4 เป็นส่วนที่มีความสำคัญมากคือเป็นไดโอดที่ป้องกันแรงดันไฟย้อนกลับที่เกิดจากการที่เราเซ็นรตเงินทำให้มอเตอร์หมุน ซึ่งมอเตอร์ก็จะเหมือนกับ เจนเนอเรเตอร์ทำให้ได้กระแสออกมาซึ่งกระแสที่ได้จะขึ้นอยู่กับความเร็วในการหมุนของมอเตอร์ เราสามารถป้องกันได้โดย ใช้รอยต่อ พีเอ็นซึ่งในโครงงานนี้จะใช้ไดโอด เบอร์ 1N4007 ซึ่งจะสามารถป้องกันแรงดันย้อนกลับได้ถึง 100 V



รูปที่ 3.5 วงจรถับมอเตอร์พื้นฐานแบบสองทาง

การทำงานของวงจรถับมอเตอร์ จากรูป เมื่อเราป้อนสัญญาณอินพุทให้ OPTO1 (4N35) ก็จะมีกระแสไหลจาก V_{CC} ผ่าน R_{24} ทำให้เกิดแรงดันตกคร่อม R_{21} ไบอัสให้กับ Q_5 เมื่อ Q_5 ON ก็ทำให้ Q_6 ON ด้วย โดยมี D_3, D_4 เป็นตัวจำกัดแรงดัน V_{BE} ของ Q_6 ให้มีขนาดไม่เกิน 1.4 V เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับ Q_6 ในขณะที่นำกระแสมากๆ และในขณะเดียวกันเมื่อ Q_5

ON ก็จะมีกระแสส่วนหนึ่งจากอิมิตเตอร์ของ ตัว Q_5 ไปไบอัสที่ Q_9 ซึ่งจะทำให้ Q_9 ON แรงดันไฟจาก V_{CC} ผ่าน Q_6 ผ่าน ML และ Q_9 ซึ่งมอเตอร์จะเริ่มหมุนได้นั่นเอง

ในทางกลับกันเมื่อมีสัญญาณไฟป้อนให้กับ OPTO 2 การทำงานก็จะเป็นในลักษณะเดียวกันกับ OPTO 1 ซึ่งก็คือ Q_{10} ON ทำให้ Q_8, Q_7 ON ด้วยโดยมี D_{11} และ D_{14} ทำหน้าที่แทน D_3, D_4 ตามลำดับ

การคำนวณในส่วนนี้เราเริ่มต้นที่การออกแบบ ให้อุปกรณ์มีความสามารถขับเคลื่อนได้ 20 แอมป์เพื่อที่จะจ่ายให้กับมอเตอร์ ดังนั้นเราจะเลือกใช้ทรานซิสเตอร์ TIP36 และ TIP35 ที่มี $I_{CMAX} = 25$ แอมป์ $\beta = 25$ min และ TIP41C มีค่า $I_{CMAX} = 15$ แอมป์ $\beta = 20$ min แล้วจะได้

$$I_{C6} = I_{C7} = \beta_6 \times I_{B6}$$

$$\therefore I_{B6} = I_{C6} / \beta_6 = 20/25 = 0.8 \text{ A}$$

$$I_{B6} = I_{C5} = \beta_5 \times I_{B5}$$

$$\therefore I_{B5} = I_{B6} / \beta_5 = 0.8/20 = 40 \text{ mA}$$

$$I_{E5} = (\beta + 1) \times I_{B5} = 0.84 \text{ A}$$

$$V_B = V_{BE5} + V_{BE6} + R_{23} \times I_{E5}$$

$$= 1.4 + 10(0.84) = 9.8 \text{ V}$$

เมื่อเลือก $R_{21} = 3.3 \text{ K}\Omega$ จะได้

$$I_{R21} = V_B / R_{21} = 9.8 / 3.3 \text{ K} = 2.969 \text{ mA}$$

$$I_{R24} = I_{B5} + I_{R21} = 42.969 \text{ mA}$$

$$R_{24} = (V_{CC} - V_B) / I_{R24} = 330.47 \Omega$$

และจาก

$$I_{MAX} = 20 \text{ A} \text{ จะได้}$$

$$V_{CC} - V_{BE6} - V_{BE9} - I_{B6} \times R_{22} - I_{B9} \times R_{23} = 0$$

$$R_{22} = R_{23} = (V_{CC} - 2 V_{BE}) / 2 I_{B6} = 14 \Omega \text{ : ที่ } V_{BE} = 0.8$$

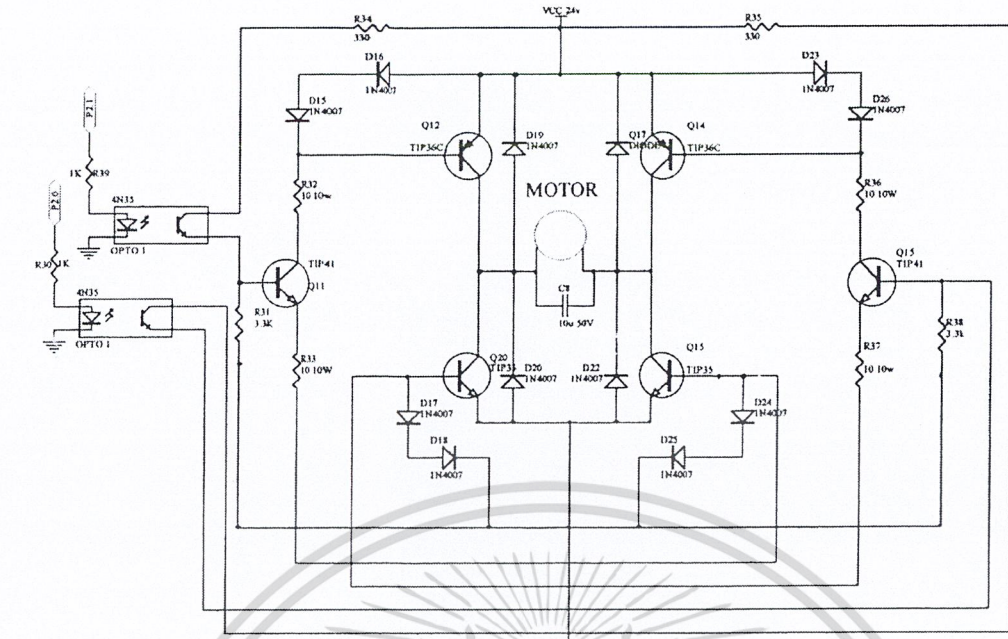
ดังนั้นเลือก

$$R_{21} = 3.3 \text{ K}\Omega$$

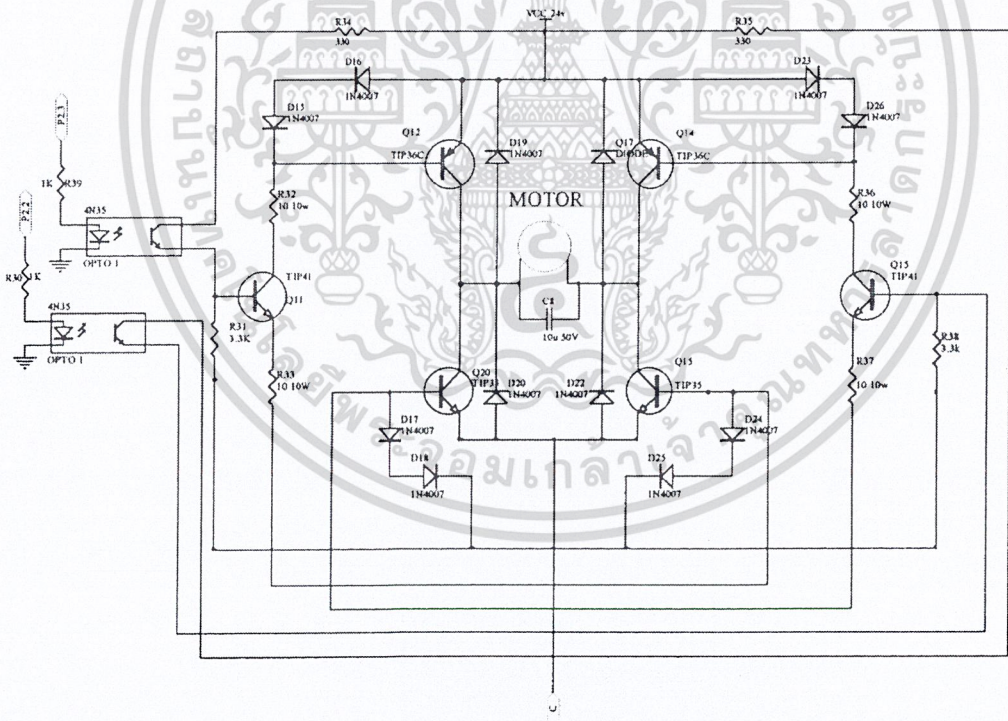
$$R_{22} = R_{23} = 10 \Omega$$

$$R_{24} = 330$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



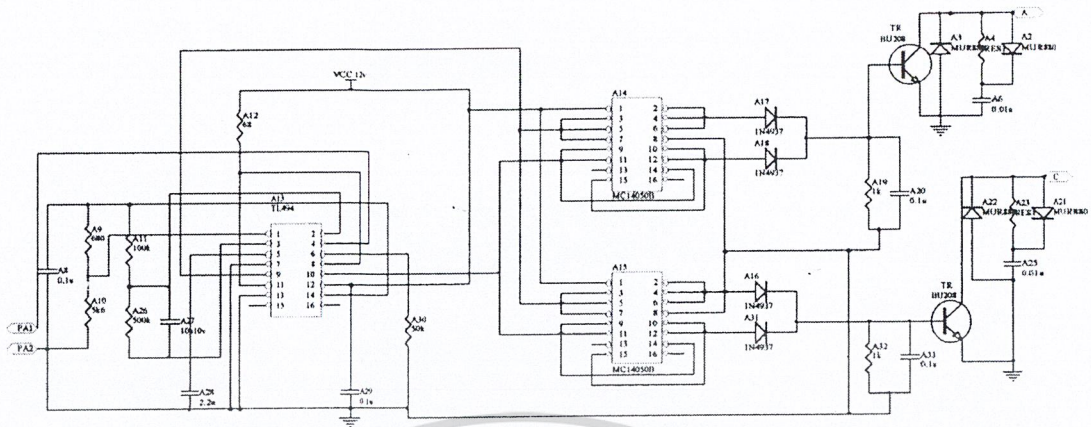
วงจรขับมอเตอร์ด้านซ้าย



วงจรขับมอเตอร์ด้านขวา

รูปที่ 3.6 วงจรขับมอเตอร์ด้านซ้ายและด้านขวา

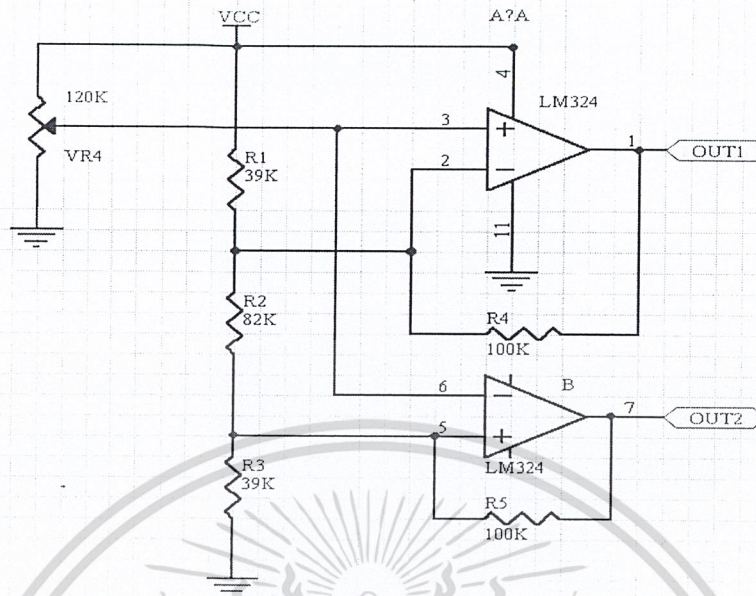
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 วงจรควบคุมวงจรมอเตอร์

3.4 วงจรควบคุมทิศทาง

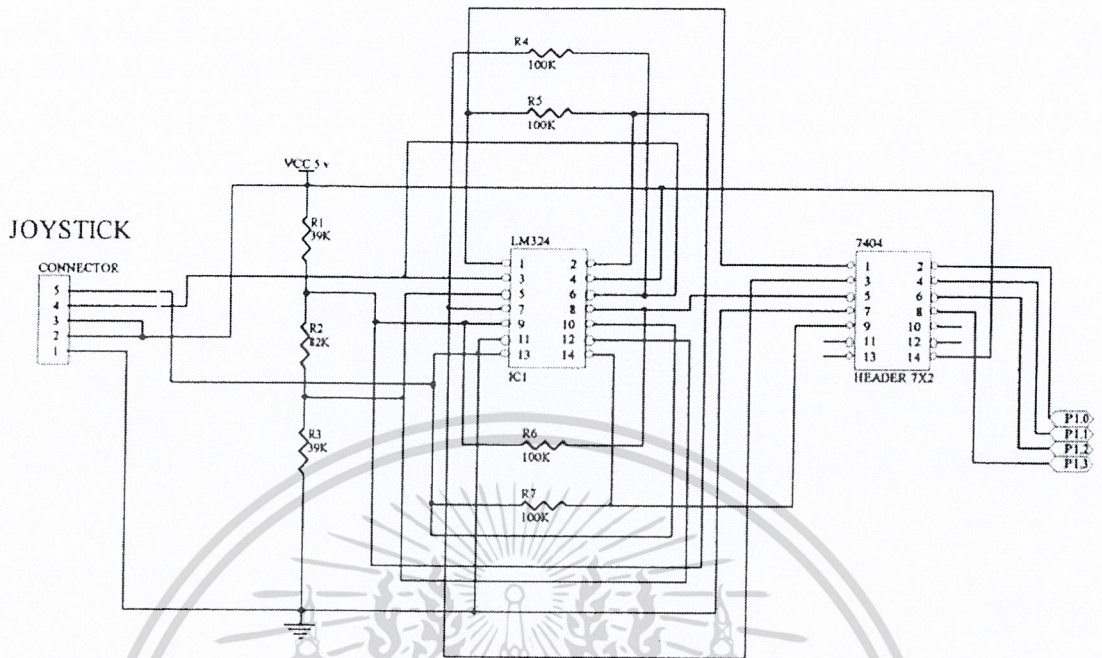
เพื่อให้รถเซ็นไฟมีความเหมาะสมกับการใช้งาน จึงเลือกจอยสติคเพื่อใช้ควบคุมทิศทาง การเคลื่อนที่ของรถเซ็นไฟ โดยการใช้จอยสติคไฟทิศทางที่ต้องการ ซึ่งตัวรถเซ็นก็จะ เคลื่อนที่ไปตามนั้น จากหัวข้อ 2.4 ทำให้เราทราบการทำงานของจอยสติค ทำงานโดยการ เปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน ดังนั้นเพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถเข้าใจการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจึงต้องมีการเปลี่ยนแปลงสัญญาณดังกล่าวให้เป็นสัญญาณดิจิทัล (DIGITAL) โดยผ่านวงจรควบคุมทิศทางดังรูป



รูปที่ 3.8 วงจรควบคุมทิศทาง

การทำงานของวงจรพิจารณาขณะที่ยังไม่ได้เริ่มโยก จอยสติคจะอยู่ในตำแหน่งกึ่งกลาง เอาท์พุทของออปแอมป์จะอยู่ที่สถานะ 00 แต่เมื่อโยกจอยสติคในทิศเดินหน้าสถานะของ เอาท์พุทออปแอมป์จะเปลี่ยนเป็น 01 ขณะที่โยกไปในทิศถอยหลังเอาท์พุทของออปแอมป์จะเปลี่ยนเป็น 10 จะสังเกตเห็นว่าจะไม่เกิดลอจิก 11

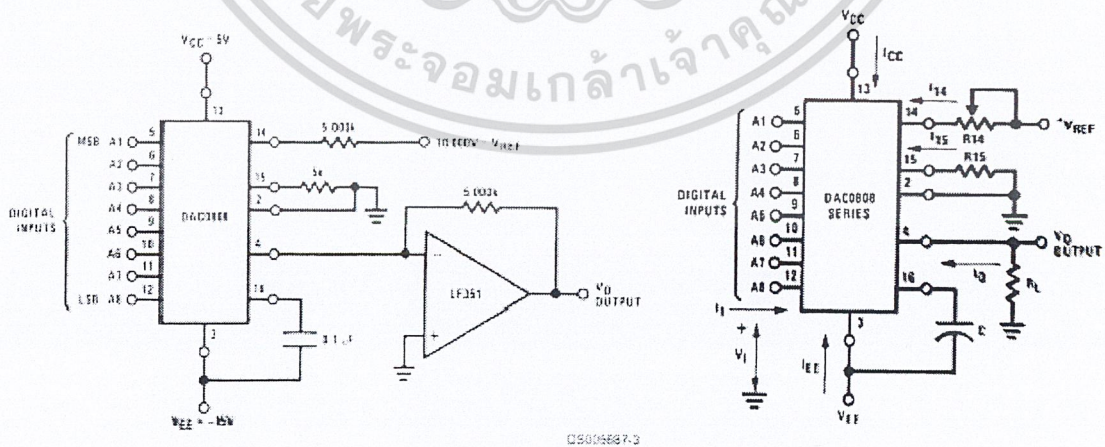
การพิจารณาในส่วนเลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวาก็เป็นไปในลักษณะเดียวกัน ส่วนการใช้งานจริงจะนำสัญญาณที่ได้ไปผ่าน นอตเกต(Not gate) ก่อนเพื่อให้ทำงานที่ลอจิก 0 (Active) และเป็นกันชนด้วย(Buffer)



รูปที่ 3.9 รูปวงจรควบคุมทิศทางที่ใช้งานจริง

3.5 การออกแบบและวิธีคำนวณ D/A

การนำ DAC0808 ไปออกแบบให้สามารถแปลงอินพุต 00000000 B เป็น 0 โวลท์และเมื่ออินพุต 11111111B เป็น 10 โวลท์ (ให้เอาที่พุทขั้วบวก)



รูปที่ 3.10 วงจร DIGITAL TO ANALOG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$I_o = K \left(\frac{A_1}{2} + \frac{A_2}{4} + \frac{A_3}{8} + \frac{A_4}{16} + \frac{A_5}{32} + \frac{A_6}{64} + \frac{A_7}{128} + \frac{A_8}{256} \right)$$

$$\text{where } K \approx \frac{V_{REF}}{R_{14}}$$

And $A_n = 1$ if A_n is high level

$A_n = 0$ if A_n is low level

$$I_o = (V_{ref}/R_{140}) * \{ A_1/2 + A_2/4 + A_3/8 + A_4/16 + A_5/32 + A_6/64 + A_7/128 + A_8/256 \}$$

$$I_{ref}(+) = V_{ref}/R_{14}, I_{ref}(-) = V_{ref}/R_{15} \text{ และ } V_o = -(-I_o R_L) \text{ เมื่อ } R_{14} = R_{15} = R_L = 5 \text{ k}\Omega$$

$$-I_o = -\{ [I_{ref}(+) - I_{ref}(-)] \{ A_1/2 + A_2/4 + A_3/8 + A_4/16 + A_5/32 + A_6/64 + A_7/128 + A_8/256 \} + (I_{ref}(-)) \}$$

$$V_o = [(V_{ref}(+) - V_{ref}(-)) \{ A_1/2 + A_2/4 + A_3/8 + A_4/16 + A_5/32 + A_6/64 + A_7/128 + A_8/256 \} + V_{ref}(-)]$$

ถ้ากำหนดให้

$$V_{ref}(+) = 5V$$

$$V_{ref}(-) = 0V$$

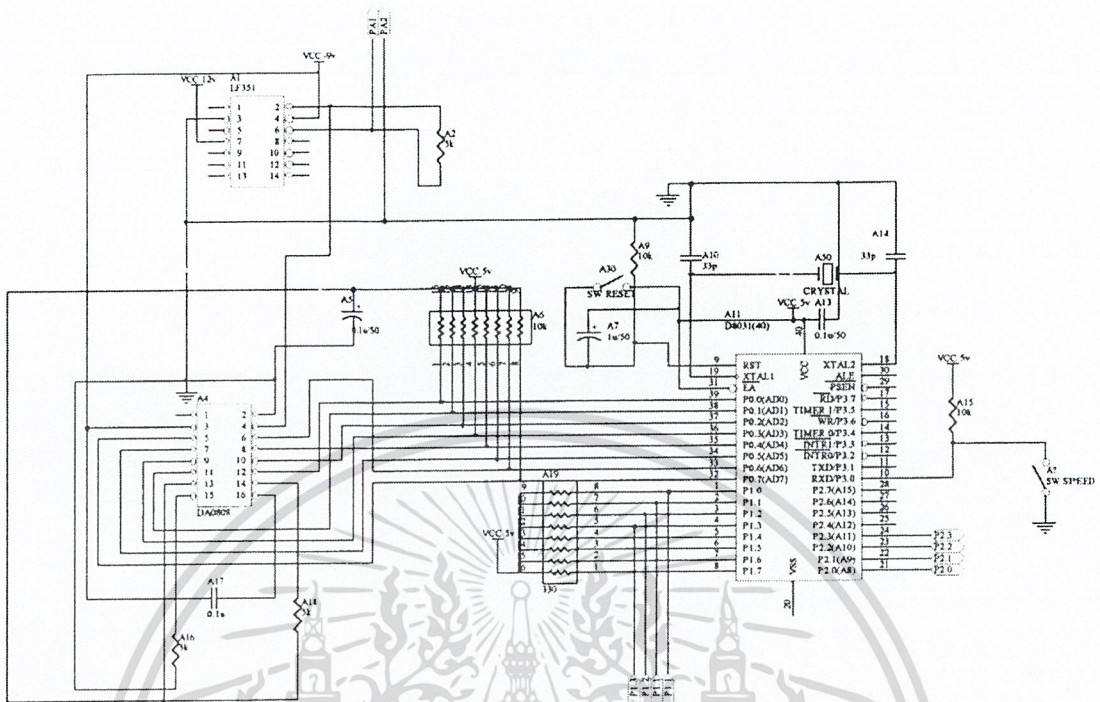
เพราะฉะนั้น

$$V_o = [(5V - 0V) \{ A_1/2 + A_2/4 + A_3/8 + A_4/16 + A_5/32 + A_6/64 + A_7/128 + A_8/256 \} + 0V] = 10V$$

เมื่อ $A_1 \dots \dots \dots A_8 = 0$ เพราะฉะนั้น $V_o = 0V = V_{ref}(-)$

เมื่อ $A_1 \dots \dots \dots A_8 = 1$ เพราะฉะนั้น $V_o = 5V = V_{ref}(+)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

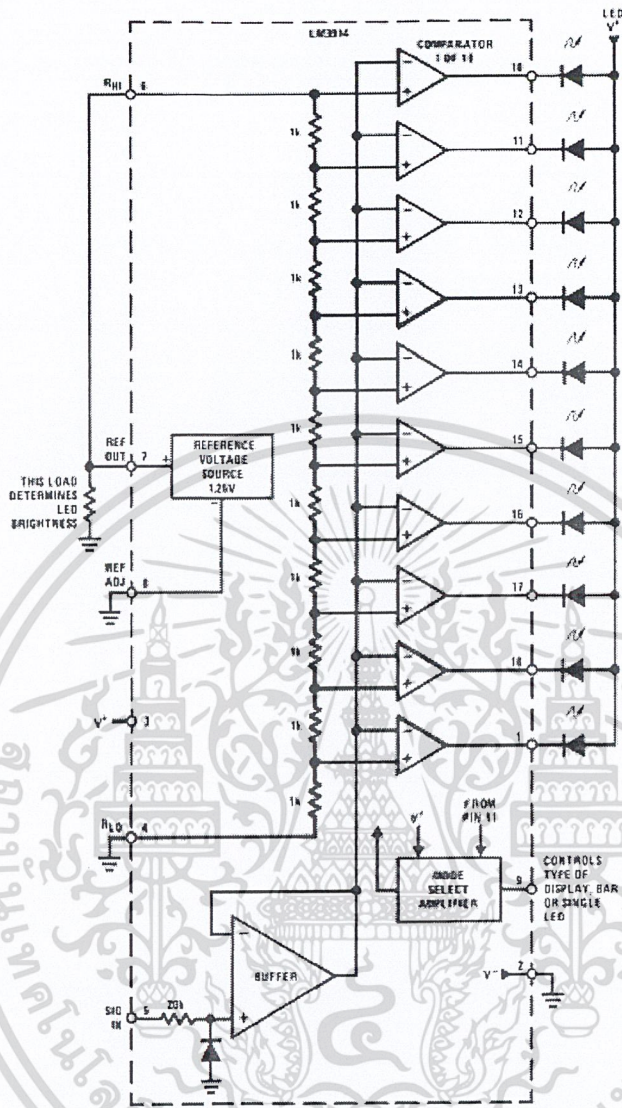


รูปที่ 3.11 วงจรควบคุม MCS-51

3.6 วงจรตรวจสอบแบตเตอรี่

วงจรตรวจสอบแบตเตอรี่เป็นวงจรที่เราทำขึ้นเพื่อตรวจสอบ ระดับแรงดันในแบตเตอรี่ใน ขณะที่เราใช้งานรถเข็นไฟฟ้า โดยเราจะใช้ ไอซีเบอร์ LM3914 ซึ่งเป็นไอซีตรวจสอบระดับ โวลต์เตจซึ่งสามารถแสดงผลผ่าน LED ได้ถึง 10 ดวง

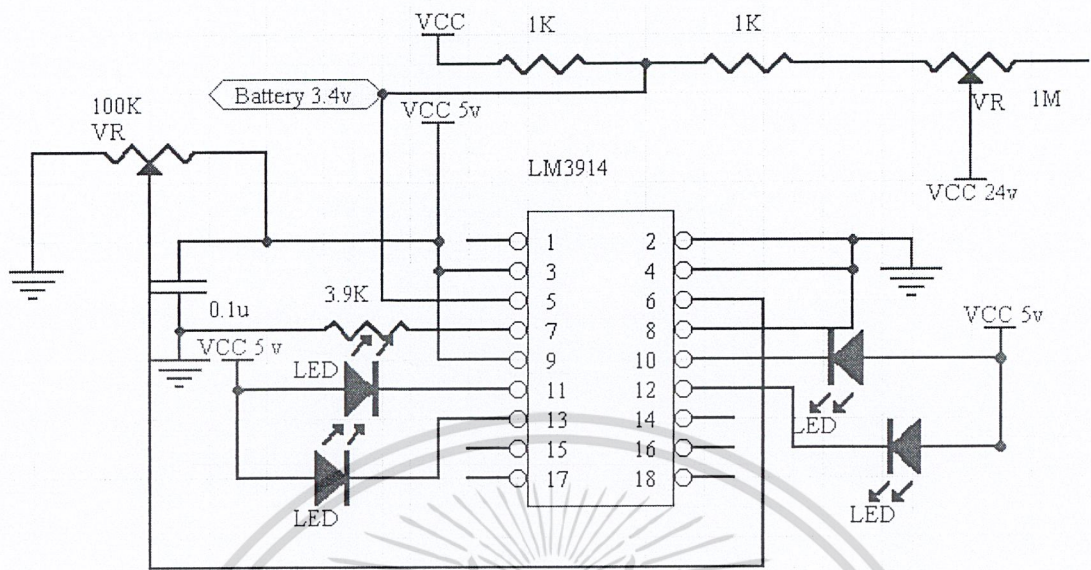
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 บล็อกไดอะแกรมของ LM3914

จากบล็อกไดอะแกรม จะเป็นวงจร คอมพาราเตอร์ แรงดันที่เข้าไปที่ขา 6 จะไปตกคร่อม R 1K เพื่อเปรียบเทียบกับแรงดันที่ผ่านมาจาก บัพเฟอร์ จากวงจรเรา จะปรับ VR 100k ให้ได้แรงดันเข้าที่ขา 6 ประมาณ 3.4 โวลต์ ส่วนแรงดันที่เข้าที่ขา 5 จะเป็นแรงดันที่มาจากเบตเตอร์จะ ต้องปรับแรงดันที่เข้าที่ขา 5 ให้ได้ 3.4 โวลต์โดยการปรับ VR 1M โดยเบตเตอร์ที่เต็มอยู่จะมีค่าที่ประมาณ 27.3 โวลต์ และที่เบตเตอร์หมดจะมีค่า 24.5 โวลต์ เมื่อหลอด LED สีแดงติดแสดงว่าเบตเตอร์หมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 วงจรตรวจสอบบแบตเตอรี่



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

หลังจากที่ได้ออกแบบวงจร,ประกอบวงจร และนำไปติดตั้งลงบนกล่อง ตามขั้นตอนการ
สร้างเรียบร้อยแล้ว ในบทนี้เราจะนำรถมาทดลองเพื่อให้ทราบถึงวิธีการควบคุม การบำรุงรักษา คุณ
สมบัติและขีดจำกัดของรถเข็นไฟฟ้าที่สร้างขึ้นนี้ สำหรับเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับผู้ที่สนใจนำไป
ศึกษาและใช้งาน

4.1 การทดลองบังคับทิศทางรถเข็นไฟฟ้า

วัตถุประสงค์

1. เพื่อทดสอบการโยกจอยสติ๊ก
2. เพื่อทดสอบปุ่มเพิ่มความเร็ว

อุปกรณ์

1. รถเข็นไฟฟ้า

การทดลอง

1. ผู้ทดลองขึ้นไปนั่งบนรถเข็นไฟฟ้า เปิดสวิตช์เพื่อจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ไปเลี้ยงวงจร
2. โยกจอยสติ๊กไปทางด้านหน้า ด้านหลัง ด้านซ้าย และด้านขวา จากนั้นสังเกตผล
3. บันทึกผลการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ที่เกิดขึ้นตามทิศทางต่างๆ ตามการทดลองข้อที่ 2
4. โยกจอยไปด้านหน้าจากนั้นกดปุ่มเพิ่มความเร็ว (Speed) สังเกตผลการเคลื่อนที่ของรถทำ
การทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนด้านหน้าเป็นด้านหลังและ ด้านซ้าย ด้านขวา บันทึกผลการทดลอง
5. กดปุ่มเพิ่มความเร็วค้างไว้ จากนั้นโยกจอยไปทางด้านหน้า ด้านหลัง ด้านซ้าย และด้านขวา
บันทึกผลการทดลอง

ผลการทดลอง

1. จากการทดลองในข้อที่ 2 จะสังเกตได้ว่ารถเข็นไฟฟ้าไม่เคลื่อนที่แม้จะโยกจอยสติ๊กไปใน
ทิศทางไหนก็ตาม
2. จากการทดลองในข้อที่ 4 จะสังเกตได้ว่าขณะโยกจอยสติ๊กไปในทิศทางต่างๆ รถจะยังไม่
เคลื่อนที่จนกว่าเราจะกดปุ่มเพิ่มความเร็วค้างไว้ ประมาณ 2 วินาที หลังจากนั้นรถก็จะเริ่มวิ่งเร็วขึ้น
เรื่อยๆ จนถึงความเร็วคงที่ค่าหนึ่ง จนเมื่อเราปล่อยปุ่มเพิ่มความเร็วรถก็จะช้าลงจนหยุด
3. จากการทดลองในข้อ ที่ 5 เมื่อเรากดปุ่มเพิ่มความเร็วค้างไว้ประมาณ 2 วินาที แล้วโยกจอย
ไปในทิศทางเดินหน้า ถอยหลัง ซ้าย ขวา รถจะวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดเลย โดยไม่เริ่มต้นจาก
ความเร็วที่ช้าที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

เราสามารถควบคุมทิศทางและความเร็วของรถด้วยการโยกจอยสติ๊กไปในทิศทางที่ต้องการ จากนั้นกดปุ่มเพิ่มความเร็วก้าวไว้ รถก็จะเพิ่มไปจนถึงความเร็วสูงสุด โดยไม่กระชาก ในการบังคับเลี้ยวเราไม่ต้องปล่อยมือจากปุ่มเพิ่มความเร็ว จากนั้นก็โยกจอยไปในทิศทางที่ต้องการก็จะทำให้รถเลี้ยวได้ เพราะถ้าเราปล่อยมือออกจากปุ่มเพิ่มความเร็วจึงทำให้ ความเร็วเป็นความเร็วต่ำสุดต้องรอเวลาประมาณ 2 วินาทีจึงจะเป็นความเร็วสูงสุดซึ่งเสียเวลา

4.2 การวัดความเร็ว

จากการทดลองใน 4.1 เราสามารถควบคุมรถไปในทิศทางที่ต้องการได้แล้วก่อนที่จะนำรถเซ็นไฟฟ้าไปใช้งานจริงๆจะต้องหาคุณสมบัติอีกอย่างก็คือความเร็ว เพราะความเร็วที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้ ที่มีร่างกายไม่ค่อยแข็งแรง เชื้อมันและความปลอดภัย จากรถเซ็นไฟฟ้าที่เราสร้างขึ้น

ในการทดลองเพื่อหาความเร็วสูงสุดของรถจะใช้การเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเป็นหลักและจะทำการทดลองใน 2 สภาวะ คือ ช่วงแรกจะเป็นการทดลองที่สภาวะไม่มีโหลด และ ช่วงที่สองเป็นการทดลองที่โหลด 60 กิโลกรัม

1. การทดลองหาความเร็วเมื่อไม่มีโหลดจะใช้วิธีการหาความเร็วทางอ้อมโดยเริ่มจากวัฏศมีของล้อรถเซ็น แล้วนำรัศมีที่ได้ไปคำนวณหาเส้นรอบวง

2. นำม้านั่งมาหมุนที่โครงเหล็กได้รถเซ็นให้ล้อหลังลอยขึ้นเหนือพื้นที่กำลังจูดล้อหลังไม่ให้สัมผัสกับสิ่งใดเพื่อป้องกันการเสียดสี กดปุ่มเพิ่มความเร็วยกจอยสติ๊กไปข้างหน้าจะทำให้ล้อหมุนแต่รถจะไม่เคลื่อนที่ นับรอบที่ล้อหลังหมุนภายในเวลา 1 นาที นำจำนวนรอบ/นาทีที่ได้ไปคำนวณร่วมกับเส้นรอบวงเพื่อหาความเร็วในขณะที่ไม่มีโหลด ปล่อยปุ่มเพิ่มความเร็วยกจอยสติ๊กบันทึกผลการทดลอง

3. นำม้านั่งออกเพื่อให้รถตั้งบนพื้นตามปกติ ผู้ทดลองซึ่งมีน้ำหนักประมาณ 60 กิโลกรัม ขึ้นนั่ง เลือกพื้นที่ที่มีทางตรงยาวพอสมควรจากนั้นบังคับรถตรงไปข้างหน้าเริ่มออกตัวก็เริ่มจับเวลาวิ่งไปโดยความเร็วสูงไปจนเวลาครบ 1 นาที จะได้อัตราเร็วเป็น เมตร / นาที ซึ่งความเร็วดังกล่าวนี้ถือว่าความเร็วสูงสุดที่โหลด 60 kg

ผลการทดลอง

1. ค่ารัศมีล้อหลังของรถเซ็นไฟฟ้าได้เท่ากับ 30 เซนติเมตร นำค่ารัศมีดังกล่าวไปคำนวณหาเส้นรอบวงจากสูตร

$$L = 2\pi r$$

แทนค่าได้คือ

$$L = (2 \times 3.14 \times 0.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= 1.88 \text{ เมตร}$$

จากการทดลองนับรอบใน 1 นาที ได้ 50 รอบ

ดังนั้นใน 1 นาที ได้ระยะทางคือ $1.88 \times 50 = 94 \text{ เมตร}$

นำมาคิดเป็นกิโลเมตร/ชั่วโมง คือ $(94 \times 60/1000) = 5.64 \text{ กิโลเมตร/ชั่วโมง}$

ได้ความเร็วสูงสุดที่ไม่มีโหลดคือ 5.64 กิโลเมตร / ชั่วโมง

2. จากการวิ่งรถทางตรงในเวลา 1 นาที วัดได้ระยะทางประมาณ 5 เมตร ใน 1 นาที ได้ระยะทาง 55 เมตร

นำมาแปลงเป็นกิโลเมตร/ชั่วโมง คือ $(55 \times 60/1000) = 3.3 \text{ กิโลเมตร/ชั่วโมง}$

ดังนั้น ความเร็วสูงสุดที่โหลด 60 กิโลกรัม คือ 3.3 กิโลเมตร/ชั่วโมง

4.3 อายุการใช้งาน

แหล่งจ่ายไฟหลักของวงจรที่ใช้กับรถเข็นไฟฟ้านี้จะต้องมีขนาดไม่ใหญ่มากนัก และต้องมีน้ำหนักเบา จึงเลือกใช้แบตเตอรี่ ขนาด 12V .7Ah แบบซีลลีด - แอซิด (Sealed Lead Acid) หรือแบตเตอรี่แบบแห้ง 2 ลูกต่อกันแบบอนุกรมเพื่อเป็นไฟเลี้ยงมอเตอร์ 24 โวลท์ แต่ไฟเลี้ยงที่ใช้กับวงจรควบคุมทิศทางเป็นไฟ 12 โวลท์ ซึ่งเป็นไฟจากแบตเตอรี่เพียงตัวเดียว จึงอาจทำให้เข้าใจว่าแบตเตอรี่ทั้งสองหมดไม่พร้อมกัน แต่ปริมาณกระแสที่จ่ายให้วงจรควบคุมทิศทางมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณกระแสที่ใช้กับมอเตอร์ทั้งสองทำให้แบตเตอรี่ทั้งสองเริ่มใช้พร้อมกันก็จะหมดพร้อมกัน

จากข้อสรุปข้างต้นจะไม่แยกทดลองหรือวัดแบตเตอรี่ทีละตัวแต่จะทำการทดลองโดยหาความสัมพันธ์ที่เกิดจากส่วนประกอบทั้งหมดของรถเข็นไฟฟ้า แล้วนำมากำหนดเป็นอายุการใช้งาน โดยเฉลี่ยการทดลองจะทดสอบเพื่อให้ได้คุณลักษณะ 2 อย่าง คือ ความสัมพันธ์กระแสตั้งแต่ช่วงเริ่มเคลื่อนที่จนถึงความเร็วคงที่และระยะทางที่วิ่งได้ในการชาร์จแบตเตอรี่ 1 ครั้ง มีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. เลือกย่านของดิจิตอลมัลติมิเตอร์ไว้ที่ตำแหน่งวัดกระแส นำไปต่ออนุกรมกับขั้วแบตเตอรี่เปิดสวิทช์

2. ผู้ทดลองขึ้นนั่งบนรถ มือซ้ายถือมิเตอร์ไว้ มือขวาจับจอยสติค กดปุ่มเพิ่มแรงดันค่อยๆ โยกจอยสติคไปข้างหน้าให้รถเคลื่อนที่ไปข้างหน้าอย่างช้าๆ จนมีความเร็วสูงสุด สังเกตค่ากระแสที่อ่านได้ทุกๆ 3 เซนติเมตร ในระยะทางประมาณ 50 เมตร วิธีการในการอ่านค่ากระแสควรมีผู้ช่วยอีก 1 คน ในการอ่านมิเตอร์และบันทึกค่ากระแสดังกล่าวลงในตาราง เพราะการทดลองจำเป็นต้องทำการทดลองอย่างต่อเนื่องจึงจะได้ผลที่ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

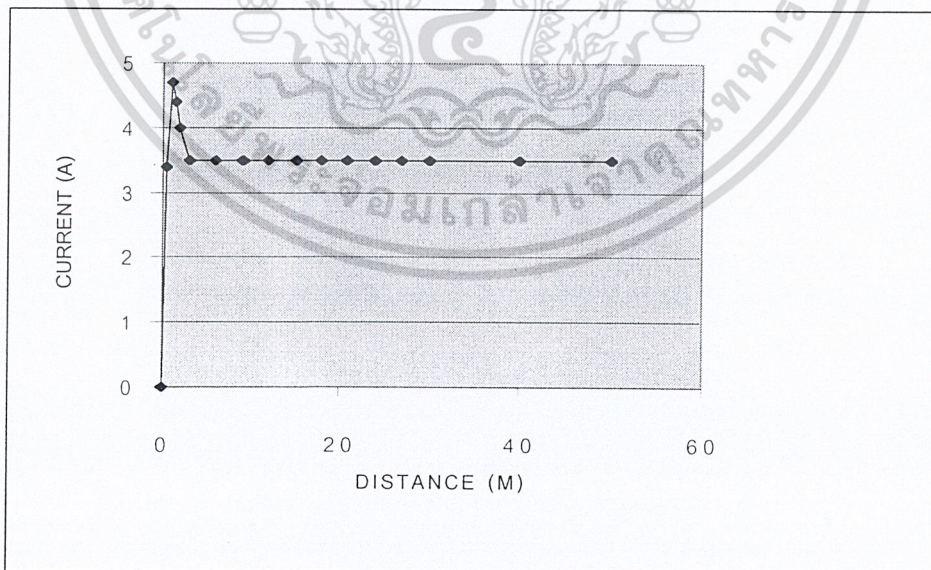
3. นำค่าจากการทดลองไปพล็อตกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกระแสที่ใช้กับระยะทาง

4. ทดลองวัดกระแสและแรงดันขณะที่ใช้งานรถเข็นที่ โหลด 60 กิโลกรัม โดยเปรียบเทียบกับเวลา

ผลการทดลอง

ระยะทาง (เมตร)	0	0.5	1	1.5	2	3	6	9	12	15	18	21	24	30	40	50
กระแส (A)	0	3.4	4.7	4.4	4.0	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5

ตารางที่ 4.1 ตารางกระแสกับระยะทาง



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับระยะทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

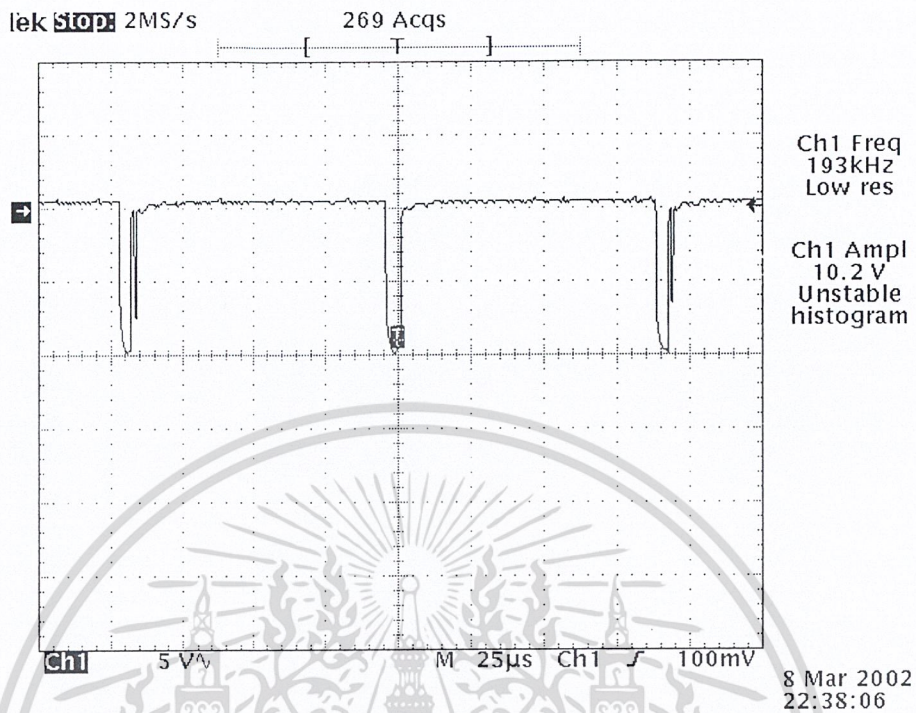
เวลา (ชั่วโมง)	โวลต์	แอมป์
1	24.8	1.24
1.5	25.2	1.13
2	26.11	0.90
2.5	26.77	0.92
3	27	0.84
3.5	27.3	0.68
4	27.7	0.50
4.5	27.8	0.49
5	27.9	0.4

ตารางที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันที่ใช้ในการประจุแบตเตอรี่

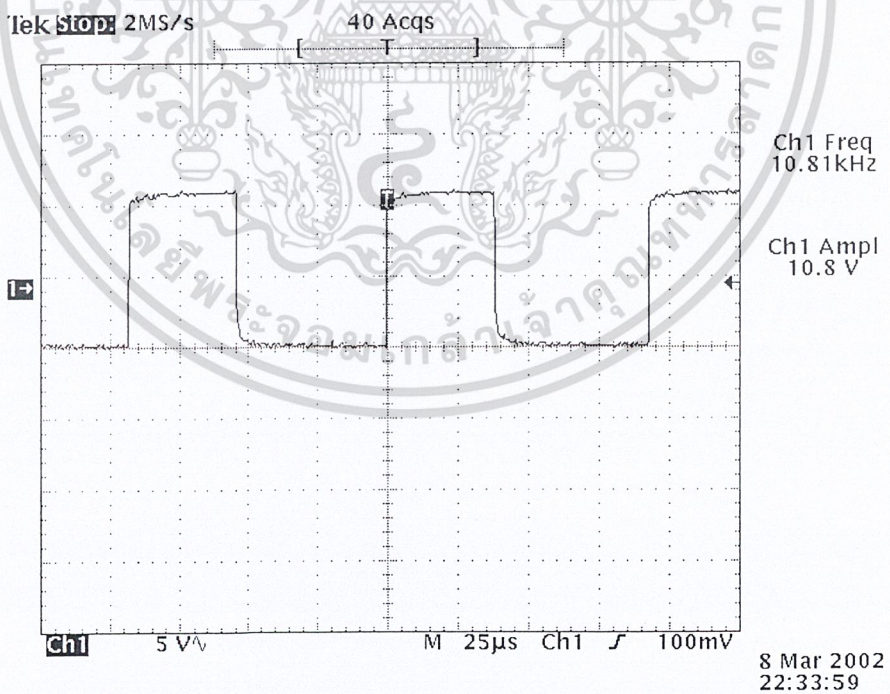
เวลา (ชั่วโมง)	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2	
	โวลต์	แอมป์	โวลต์	แอมป์
0	27.8	2.45	27.5	2.42
1	25.3	2.68	25.9	2.73
2	24.7	3.16	24.9	3.25

ตารางที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันขณะใช้งานรถเข็น (load 60 kg)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 สัญญาณที่เอาต์พุตของวงจรพัลส์วิดมอด ที่ V_{in} ที่ = 0 V

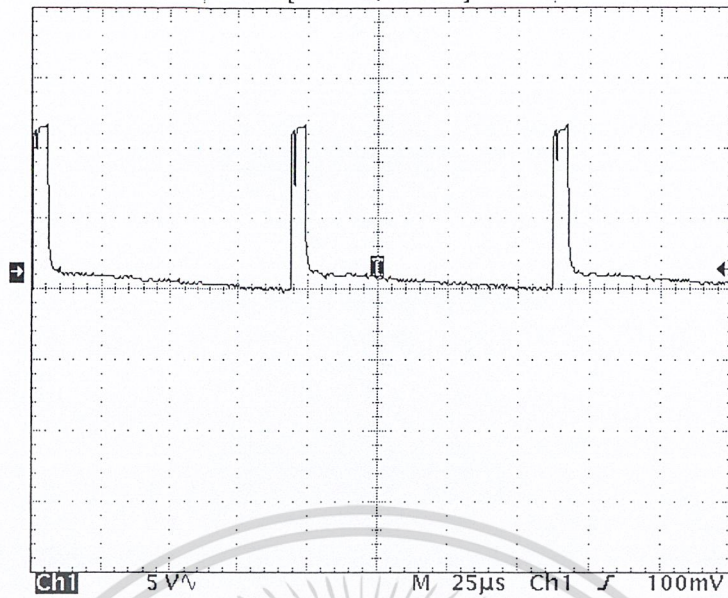


รูปที่ 4.3 สัญญาณที่เอาต์พุตของวงจรพัลส์วิดมอด ที่ V_{in} ที่ = 2 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ek Stop 2MS/s

23 Acqs

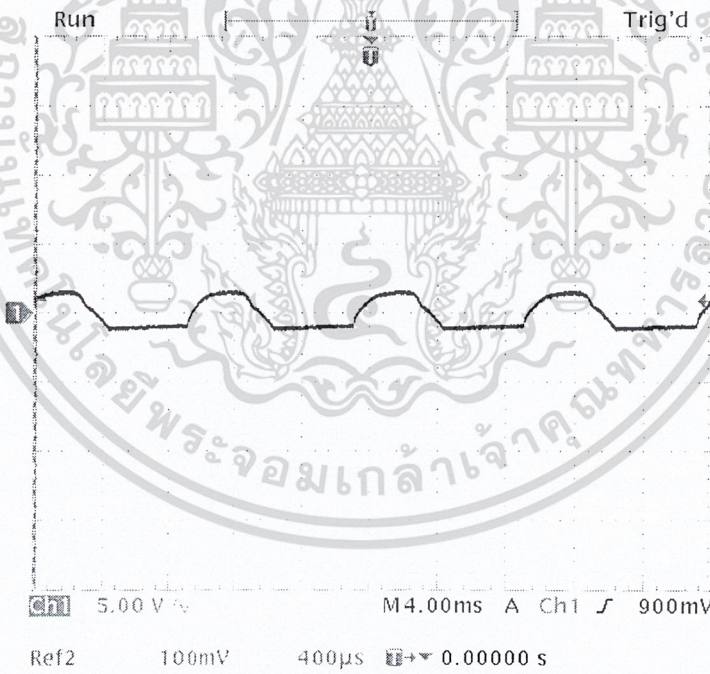


Ch1 Freq
10.75kHz
Unstable
histogram

Ch1 Ampl
11.2 V
Unstable
histogram

8 Mar 2002
22:36:07

รูปที่ 4.4 สัญญาณที่เอาที่พุทของวงจรพัลส์วิดมอด ที่ V_{in} ที่ = 3 V



△: 100mV
@: 900mV
△: 12.5kHz
@: 50.2 Hz
Ch1 Freq
100.5 Hz
Low signal
amplitude
Ch1 Pk-Pk
3.10 V

10 Mar 2002
01:13:47

รูปที่ 4.5 สัญญาณเอาที่พุทของวงจรประจุแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

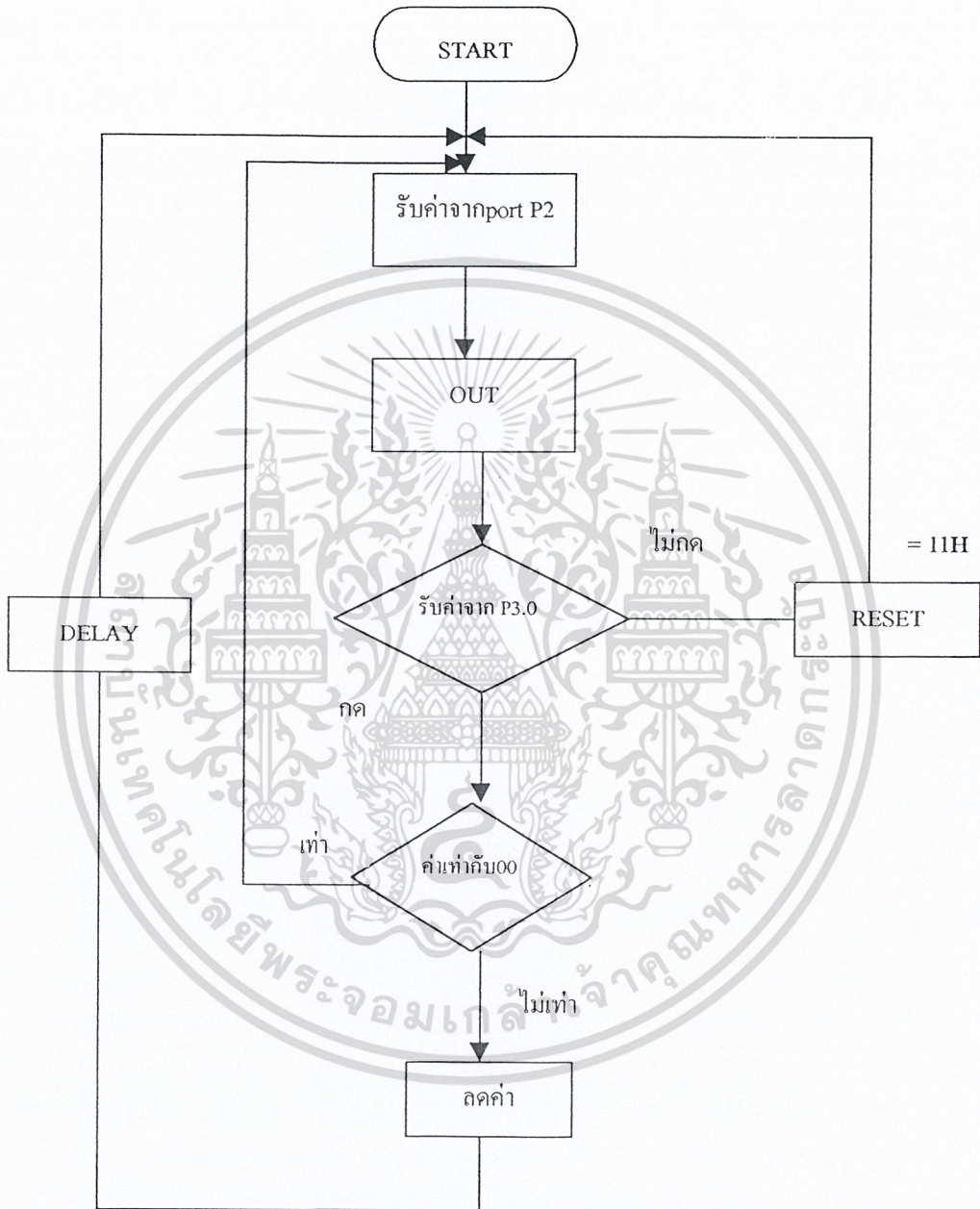
จากการทดลองนำมาเขียนเป็นวิธีการใช้งาน และคุณสมบัติของรถเซ็นไฟฟ้าได้คือ

1. จอยสติค จะทำหน้าที่ควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของรถเซ็นไฟฟ้า
2. ปุ่มสปีด จะทำหน้าที่เพิ่มความเร็วของรถถ้าไม่กดปุ่มรถจะไม่วิ่งและต้องกดค้างไว้ รถก็จะเพิ่มความเร็วโดยที่ไม่มีการกระชาก
3. ในการเลี้ยวรถในขณะที่รถวิ่งอยู่ต้องกดปุ่มสปีดค้างไว้เพื่อไม่ให้เสียเวลาในการเพิ่มความเร็ว
4. ในการประจุแบตเตอรี่ เราจะรู้ได้โดยที่ LED สีแดง ของวงจรตรวจสอบแบตเตอรี่จะติด แสดงว่าระดับแรงดันของแบตเตอรี่ลดลง จนถึงค่าต่ำสุด ต้องต้องปิดสวิตซ์มาที่ตำแหน่ง CHARGE ในโครงการนี้เราใช้

พัลลิวัดมอดคูล์ขึ้นมาเป็นตัวควบคุมวงจรขับเคลื่อนทำให้แก้ปัญหาในการกระชากของกระแสขณะสตาร์ทดีเซลมอเตอร์ ซึ่งให้ผลดี ส่วนความเร็วของรถที่วิ่งได้สูงสุดขณะที่มีโหลด 60 กิโลกรัมคือ 3.3 km/h ซึ่งจะไม่เร็วมากนักซึ่งเหมาะสมกับผู้ป่วย และตัวรถเหมาะสมกับการใช้งานในพื้นที่ เรียบและมัน ถ้าต้องการให้รถเร็วขึ้นหรือรับน้ำหนักได้มากขึ้นต้องเปลี่ยนมอเตอร์ และ ตัวรถเซ็น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมวงจรควบคุม MCS-51

ORG 0000H

MAIN: MOV A,P2

CPL A

ANL A,#0FH

MOV DPTR,#TABLE

MOVC A,@A+DPTR

MOV P1,A

JNB P3.0,LOOP1

MOV P0,#0FFH

MOV R0,#0FFH

JMP MAIN

LOOP1: CJNE R0,#00H,LOOP2

LOOP3:MOV A,R0

MOV P0,A

ACALL DELAY

JMP MAIN

LOOP2:DEC R0

JMP LOOP3

DELAY: MOV R1,#20

DELAY1: MOV R2,#250

DELAY2: DJNZ R2,DELAY2

DJNZ R1,DELAY1

RET

;-----

TABLE: DB 00H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- _01: DB 02H
- _02: DB 08H
- _03: DB 00H
- _04: DB 05H
- _05: DB 00H
- _06: DB 00H
- _07: DB 00H
- _08: DB 0AH

END



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM3914 Dot/Bar Display Driver

General Description

The LM3914 is a monolithic integrated circuit that senses analog voltage levels and drives 10 LEDs, providing a linear analog display. A single pin changes the display from a moving dot to a bar graph. Current drive to the LEDs is regulated and programmable, eliminating the need for resistors. This feature is one that allows operation of the whole system from less than 3V.

The circuit contains its own adjustable reference and accurate 10-step voltage divider. The low-bias-current input buffer accepts signals down to ground, or V^- , yet needs no protection against inputs of 35V above or below ground. The buffer drives 10 individual comparators referenced to the precision divider. Indication non-linearity can thus be held typically to 1/2%, even over a wide temperature range.

Versatility was designed into the LM3914 so that controller, visual alarm, and expanded scale functions are easily added on to the display system. The circuit can drive LEDs of many colors, or low-current incandescent lamps. Many LM3914s can be "chained" to form displays of 20 to over 100 segments. Both ends of the voltage divider are externally available so that 2 drivers can be made into a zero-center meter.

The LM3914 is very easy to apply as an analog meter circuit. A 1.2V full-scale meter requires only 1 resistor and a single 3V to 15V supply in addition to the 10 display LEDs. If the 1 resistor is a pot, it becomes the LED brightness control. The simplified block diagram illustrates this extremely simple external circuitry.

When in the dot mode, there is a small amount of overlap or "fade" (about 1 mV) between segments. This assures that at no time will all LEDs be "OFF", and thus any ambiguous display is avoided. Various novel displays are possible.

Much of the display flexibility derives from the fact that all outputs are individual, DC regulated currents. Various effects can be achieved by modulating these currents. The individual outputs can drive a transistor as well as a LED at the same time, so controller functions including "staging" control can be performed. The LM3914 can also act as a programmer, or sequencer.

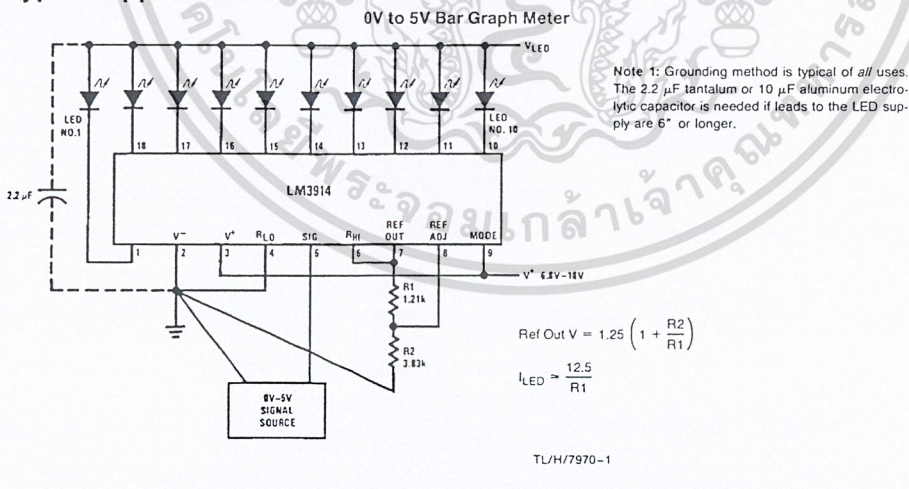
The LM3914 is rated for operation from 0°C to +70°C. The LM3914N is available in an 18-lead molded (N) package.

The following typical application illustrates adjusting of the reference to a desired value, and proper grounding for accurate operation, and avoiding oscillations.

Features

- Drives LEDs, LCDs or vacuum fluorescents
- Bar or dot display mode externally selectable by user
- Expandable to displays of 100 steps
- Internal voltage reference from 1.2V to 12V
- Operates with single supply of less than 3V
- Inputs operate down to ground
- Output current programmable from 2 mA to 30 mA
- No multiplex switching or interaction between outputs
- Input withstands $\pm 35V$ without damage or false outputs
- LED driver outputs are current regulated, open-collectors
- Outputs can interface with TTL or CMOS logic
- The internal 10-step divider is floating and can be referenced to a wide range of voltages

Typical Applications



Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Power Dissipation (Note 5)	
Molded DIP (N)	1365 mW
Supply Voltage	25V
Voltage on Output Drivers	25V
Input Signal Overvoltage (Note 3)	±35V
Divider Voltage	-100 mV to V+
Reference Load Current	10 mA

Storage Temperature Range -55°C to +150°C

Soldering Information	
Dual-In-Line Package	
Soldering (10 seconds)	260°C
Plastic Chip Carrier Package	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C

See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.

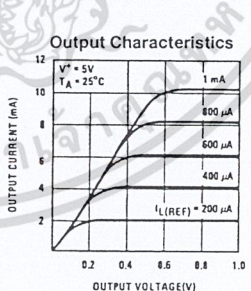
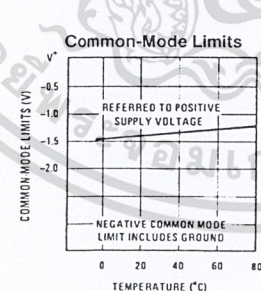
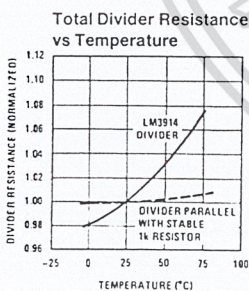
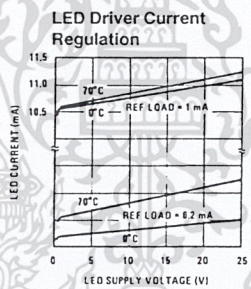
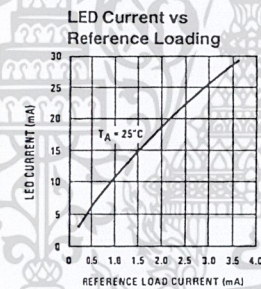
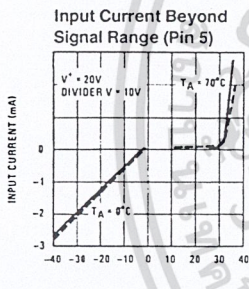
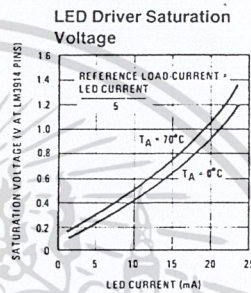
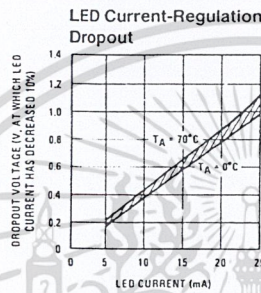
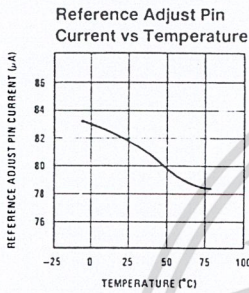
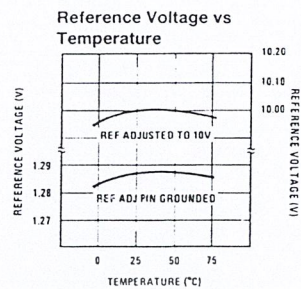
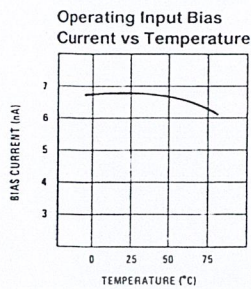
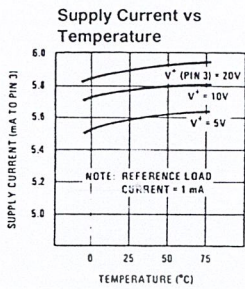
Electrical Characteristics (Notes 1 and 3)

Parameter	Conditions (Note 1)	Min	Typ	Max	Units
COMPARATOR					
Offset Voltage, Buffer and First Comparator	$0V \leq V_{RLO} = V_{RHI} \leq 12V$, $I_{LED} = 1 \text{ mA}$		3	10	mV
Offset Voltage, Buffer and Any Other Comparator	$0V \leq V_{RLO} = V_{RHI} \leq 12V$, $I_{LED} = 1 \text{ mA}$		3	15	mV
Gain ($\Delta I_{LED} / \Delta V_{IN}$)	$I_{L(REF)} = 2 \text{ mA}$, $I_{LED} = 10 \text{ mA}$	3	8		mA/mV
Input Bias Current (at Pin 5)	$0V \leq V_{IN} \leq V^+ - 1.5V$		25	100	nA
Input Signal Overvoltage	No Change in Display	-35		35	V
VOLTAGE-DIVIDER					
Divider Resistance	Total, Pin 6 to 4	8	12	17	kΩ
Accuracy	(Note 2)		0.5	2	%
VOLTAGE REFERENCE					
Output Voltage	$0.1 \text{ mA} \leq I_{L(REF)} \leq 4 \text{ mA}$, $V^+ = V_{LED} = 5V$	1.2	1.28	1.34	V
Line Regulation	$3V \leq V^+ \leq 18V$		0.01	0.03	%/V
Load Regulation	$0.1 \text{ mA} \leq I_{L(REF)} \leq 4 \text{ mA}$, $V^+ = V_{LED} = 5V$		0.4	2	%
Output Voltage Change with Temperature	$0^\circ\text{C} \leq T_A \leq +70^\circ\text{C}$, $I_{L(REF)} = 1 \text{ mA}$, $V^+ = 5V$		1		%
Adjust Pin Current			75	120	μA
OUTPUT DRIVERS					
LED Current	$V^+ = V_{LED} = 5V$, $I_{L(REF)} = 1 \text{ mA}$	7	10	13	mA
LED Current Difference (Between Largest and Smallest LED Currents)	$V_{LED} = 5V$	$I_{LED} = 2 \text{ mA}$	0.12	0.4	mA
		$I_{LED} = 20 \text{ mA}$	1.2	3	
LED Current Regulation	$2V \leq V_{LED} \leq 17V$	$I_{LED} = 2 \text{ mA}$	0.1	0.25	mA
		$I_{LED} = 20 \text{ mA}$	1	3	
Dropout Voltage	$I_{LED(ON)} = 20 \text{ mA}$, $V_{LED} = 5V$, $\Delta I_{LED} = 2 \text{ mA}$			1.5	V
Saturation Voltage	$I_{LED} = 2.0 \text{ mA}$, $I_{L(REF)} = 0.4 \text{ mA}$		0.15	0.4	V
Output Leakage, Each Collector	(Bar Mode) (Note 4)		0.1	10	μA

Electrical Characteristics (Note 1) (Continued)						
Parameter	Conditions (Note 1)	Min	Typ	Max	Units	
OUTPUT DRIVERS (Continued)						
Output Leakage	(Dot Mode) (Note 4)	Pins 10–18		0.1	10	μA
		Pin 1	60	150	450	μA
SUPPLY CURRENT						
Standby Supply Current (All Outputs Off)	$V^+ = 5\text{V}, I_{L(\text{REF})} = 0.2\text{mA}$			2.4	4.2	mA
	$V^+ = 20\text{V}, I_{L(\text{REF})} = 1.0\text{mA}$			6.1	9.2	mA
<p>Note 1: Unless otherwise stated, all specifications apply with the following conditions: $3\text{V}_{\text{DC}} \leq V^+ \leq 20\text{V}_{\text{DC}}$ $V_{\text{REF}}, V_{\text{RH}}, V_{\text{RLO}} \leq (V^+ - 1.5\text{V})$ $3\text{V}_{\text{DC}} \leq V_{\text{LED}} \leq V^+$ $0\text{V} \leq V_{\text{IN}} \leq V^+ - 1.5\text{V}$ $-0.015\text{V} \leq V_{\text{RLO}} \leq 12\text{V}_{\text{DC}}$ $T_{\text{A}} = +25^\circ\text{C}, I_{L(\text{REF})} = 0.2\text{mA}, V_{\text{LED}} = 3.0\text{V}$, pin 9 connected to pin 3 (Bar Mode). $-0.015\text{V} \leq V_{\text{RH}} \leq 12\text{V}_{\text{DC}}$</p> <p>For higher power dissipations, pulse testing is used.</p> <p>Note 2: Accuracy is measured referred to $+10,000\text{V}_{\text{DC}}$ at pin 6, with $0,000\text{V}_{\text{DC}}$ at pin 4. At lower full-scale voltages, buffer and comparator offset voltage may add significant error.</p> <p>Note 3: Pin 5 input current must be limited to $\pm 3\text{mA}$. The addition of a 39k resistor in series with pin 5 allows $\pm 100\text{V}$ signals without damage.</p> <p>Note 4: Bar mode results when pin 9 is within 20 mV of V^+. Dot mode results when pin 9 is pulled at least 200 mV below V^+ or left open circuit. LED No. 10 (pin 10 output current) is disabled if pin 9 is pulled 0.9V or more below V_{LED}.</p> <p>Note 5: The maximum junction temperature of the LM3914 is 100°C. Devices must be derated for operation at elevated temperatures. Junction to ambient thermal resistance is 55°C/W for the molded DIP (N package).</p>						
Definition of Terms						
<p>Accuracy: The difference between the observed threshold voltage and the ideal threshold voltage for each comparator. Specified and tested with 10V across the internal voltage divider so that resistor ratio matching error predominates over comparator offset voltage.</p> <p>Adjust Pin Current: Current flowing out of the reference adjust pin when the reference amplifier is in the linear region.</p> <p>Comparator Gain: The ratio of the change in output current (I_{LED}) to the change in input voltage (V_{IN}) required to produce it for a comparator in the linear region.</p> <p>Dropout Voltage: The voltage measured at the current source outputs required to make the output current fall by 10%.</p> <p>Input Bias Current: Current flowing out of the signal input when the input buffer is in the linear region.</p>			<p>LED Current Regulation: The change in output current over the specified range of LED supply voltage (V_{LED}) as measured at the current source outputs. As the forward voltage of an LED does not change significantly with a small change in forward current, this is equivalent to changing the voltage at the LED anodes by the same amount.</p> <p>Line Regulation: The average change in reference output voltage over the specified range of supply voltage (V^+).</p> <p>Load Regulation: The change in reference output voltage (V_{REF}) over the specified range of load current ($I_{L(\text{REF})}$).</p> <p>Offset Voltage: The differential input voltage which must be applied to each comparator to bias the output in the linear region. Most significant error when the voltage across the internal voltage divider is small. Specified and tested with pin 6 voltage (V_{RH}) equal to pin 4 voltage (V_{RLO}).</p>			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics



TL/H/7970-2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DAC0808/DAC0807/DAC0806 8-Bit D/A Converters

General Description

The DAC0808 series is an 8-bit monolithic digital-to-analog converter (DAC) featuring a full scale output current settling time of 150 ns while dissipating only 33 mW with $\pm 5V$ supplies. No reference current (I_{REF}) trimming is required for most applications since the full scale output current is typically ± 1 LSB of 255 I_{REF} / 256. Relative accuracies of better than $\pm 0.19\%$ assure 8-bit monotonicity and linearity while zero level output current of less than 4 μA provides 8-bit zero accuracy for $I_{REF} \geq 2$ mA. The power supply currents of the DAC0808 series are independent of bit codes, and exhibits essentially constant device characteristics over the entire supply voltage range.

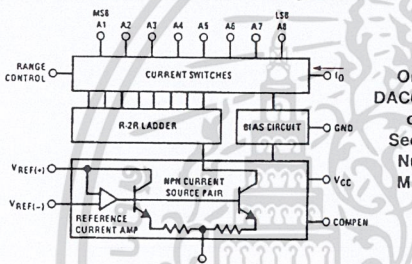
The DAC0808 will interface directly with popular TTL, DTL or CMOS logic levels, and is a direct replacement for the

MC1508/MC1408. For higher speed applications, see DAC0800 data sheet.

Features

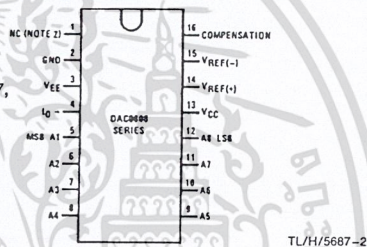
- Relative accuracy: $\pm 0.19\%$ error maximum (DAC0808)
- Full scale current match: ± 1 LSB typ
- 7 and 6-bit accuracy available (DAC0807, DAC0806)
- Fast settling time: 150 ns typ
- Noninverting digital inputs are TTL and CMOS compatible
- High speed multiplying input slew rate: 8 mA/ μs
- Power supply voltage range: $\pm 4.5V$ to $\pm 18V$
- Low power consumption: 33 mW @ $\pm 5V$

Block and Connection Diagrams

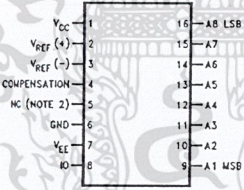


Order Number
DAC0808, DAC0807,
or DAC0806
See NS Package
Number J16A,
M16A or N16A

Dual-In-Line Package



Small-Outline Package



Top View

Ordering Information

ACCURACY	OPERATING TEMPERATURE RANGE	ORDER NUMBERS				
		J PACKAGE (J16A)*		N PACKAGE (N16A)*		SO PACKAGE (M16A)
7-bit	$0^{\circ}C \leq T_A \leq +75^{\circ}C$	DAC0807LCJ	MC1408L7	DAC0808LCN	MC1408P8	DAC0808LCM
6-bit	$0^{\circ}C \leq T_A \leq +75^{\circ}C$	DAC0806LCJ	MC1408L6	DAC0807LCN	MC1408P7	DAC0807LCM
				DAC0806LCN	MC1408P6	DAC0806LCM

*Note. Devices may be ordered by using either order number.

DAC0808/DAC0807/DAC0806 8-Bit D/A Converters

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Power Supply Voltage

V_{CC} +18 V_{DC}

V_{EE} -18 V_{DC}

Digital Input Voltage, V_5 - V_{12} -10 V_{DC} to +18 V_{DC}

Applied Output Voltage, V_O -11 V_{DC} to +18 V_{DC}

Reference Current, I_{14} 5 mA

Reference Amplifier Inputs, V_{14} , V_{15} V_{CC} , V_{EE}

Power Dissipation (Note 3) 1000 mW

ESD Susceptibility (Note 4) TBD

Storage Temperature Range -65°C to +150°C

Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)

Dual-In-Line Package (Plastic) 260°C

Dual-In-Line Package (Ceramic) 300°C

Surface Mount Package

Vapor Phase (60 seconds) 215°C

Infrared (15 seconds) 220°C

Operating Ratings

Temperature Range

DAC0808LC Series

$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$

$0 \leq T_A \leq +75^\circ\text{C}$

Electrical Characteristics

($V_{CC} = 5V$, $V_{EE} = -15V_{DC}$, $V_{REF}/R_{14} = 2\text{ mA}$, DAC0808: $T_A = -55^\circ\text{C}$ to $+125^\circ\text{C}$, DAC0808C, DAC0807C, DAC0806C, $T_A = 0^\circ\text{C}$ to $+75^\circ\text{C}$, and all digital inputs at high logic level unless otherwise noted.)

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
E_r	Relative Accuracy (Error Relative to Full Scale I_O)	(Figure 4)				%
	DAC0808LC (LM1408-8)				± 0.19	%
	DAC0807LC (LM1408-7), (Note 5)				± 0.39	%
	DAC0806LC (LM1408-6), (Note 5)				± 0.78	%
	Settling Time to Within $\frac{1}{2}$ LSB (Includes t_{PLH})	$T_A = 25^\circ\text{C}$ (Note 6), (Figure 5)		150		ns
t_{PLH} , t_{PHL}	Propagation Delay Time	$T_A = 25^\circ\text{C}$, (Figure 5)		30	100	ns
TC_{IO}	Output Full Scale Current Drift			± 20		ppm/ $^\circ\text{C}$
MSB V_{IH} V_{IL}	Digital Input Logic Levels	(Figure 3)				
	High Level, Logic "1" Low Level, Logic "0"		2		0.8	V_{DC} V_{DC}
MSB	Digital Input Current	(Figure 3)				
	High Level Low Level	$V_{IH} = 5V$ $V_{IL} = 0.8V$		0 -0.003	0.040 -0.8	mA mA
I_{15}	Reference Input Bias Current	(Figure 3)		-1	-3	μA
	Output Current Range	(Figure 3) $V_{EE} = -5V$ $V_{EE} = -15V$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	0 0	2.0 2.0	2.1 4.2	mA mA
I_O	Output Current	$V_{REF} = 2.000V$, $R_{14} = 1000\Omega$, (Figure 3)	1.9	1.99	2.1	mA
	Output Current, All Bits Low	(Figure 3)	0	0	4	μA
	Output Voltage Compliance (Note 2) $V_{EE} = -5V$, $I_{REF} = 1\text{ mA}$ V_{EE} Below -10V	$E_r \leq 0.19\%$, $T_A = 25^\circ\text{C}$			-0.55, +0.4 -5.0, +0.4	V_{DC} V_{DC}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics (Continued)

($V_{CC} = 5V$, $V_{EE} = -15V_{DC}$, $V_{REF}/R_{14} = 2mA$, DAC0808: $T_A = -55^{\circ}C$ to $+125^{\circ}C$, DAC0808C, DAC0807C, DAC0806C, $T_A = 0^{\circ}C$ to $+75^{\circ}C$, and all digital inputs at high logic level unless otherwise noted.)

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
$SR _{REF}$	Reference Current Slew Rate	(Figure 6)	4	8		$mA/\mu s$
	Output Current Power Supply Sensitivity	$-5V \leq V_{EE} \leq -16.5V$		0.05	2.7	$\mu A/V$
I_{CC} I_{EE}	Power Supply Current (All Bits Low)	(Figure 3)		2.3 -4.3	22 -13	 mA mA
V_{CC} V_{EE}	Power Supply Voltage Range	$T_A = 25^{\circ}C$, (Figure 3)	4.5 -4.5	5.0 -15	5.5 -16.5	V_{DC} V_{DC}
	Power Dissipation					
	All Bits Low	$V_{CC} = 5V$, $V_{EE} = -5V$ $V_{CC} = 5V$, $V_{EE} = -15V$		33 106	170 305	 mW mW
	All Bits High	$V_{CC} = 15V$, $V_{EE} = -5V$ $V_{CC} = 15V$, $V_{EE} = -15V$		90 160		 mW mW

Note 1: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its specified operating conditions.

Note 2: Range control is not required.

Note 3: The maximum power dissipation must be derated at elevated temperatures and is dictated by T_{JMAX} , θ_{JA} , and the ambient temperature, T_A . The maximum allowable power dissipation at any temperature is $P_D = (T_{JMAX} - T_A)/\theta_{JA}$ or the number given in the Absolute Maximum Ratings, whichever is lower. For this device, $T_{JMAX} = 125^{\circ}C$, and the typical junction-to-ambient thermal resistance of the dual-in-line J package when the board mounted is $100^{\circ}C/W$. For the dual-in-line N package, this number increases to $175^{\circ}C/W$ and for the small outline M package this number is $100^{\circ}C/W$.

Note 4: Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 k Ω resistor.

Note 5: All current switches are tested to guarantee at least 50% of rated current.

Note 6: All bits switched.

Note 7: Pin-out numbers for the DAL080X represent the dual-in-line package. The small outline package pinout differs from the dual-in-line package.

Typical Application

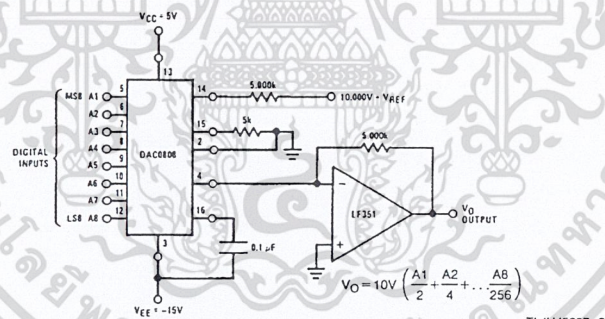
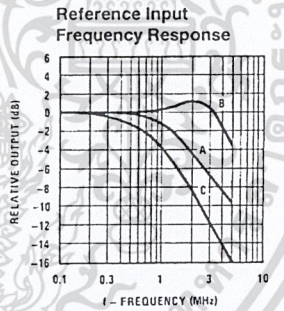
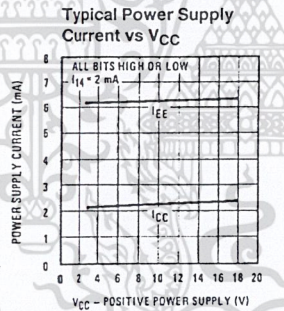
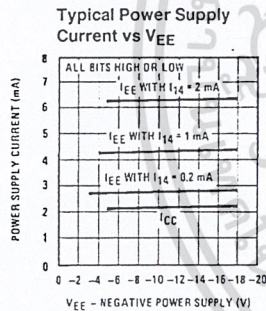
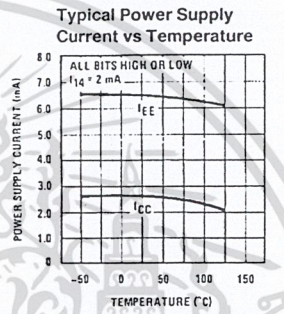
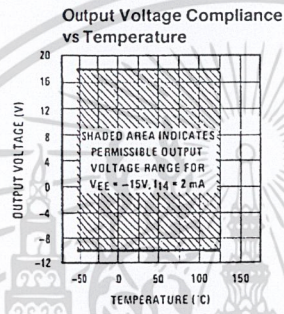
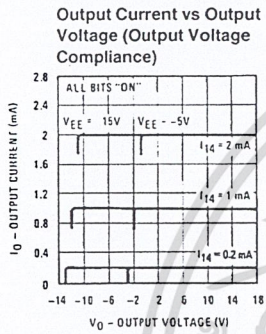
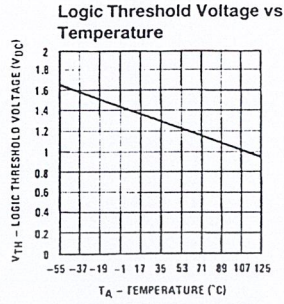
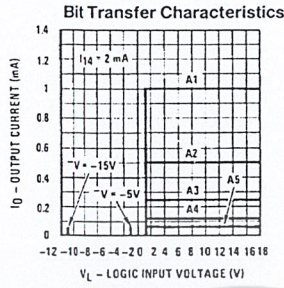
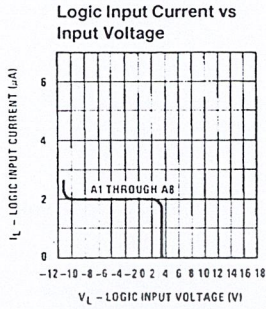


FIGURE 1. +10V Output Digital to Analog Converter (Note 7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics

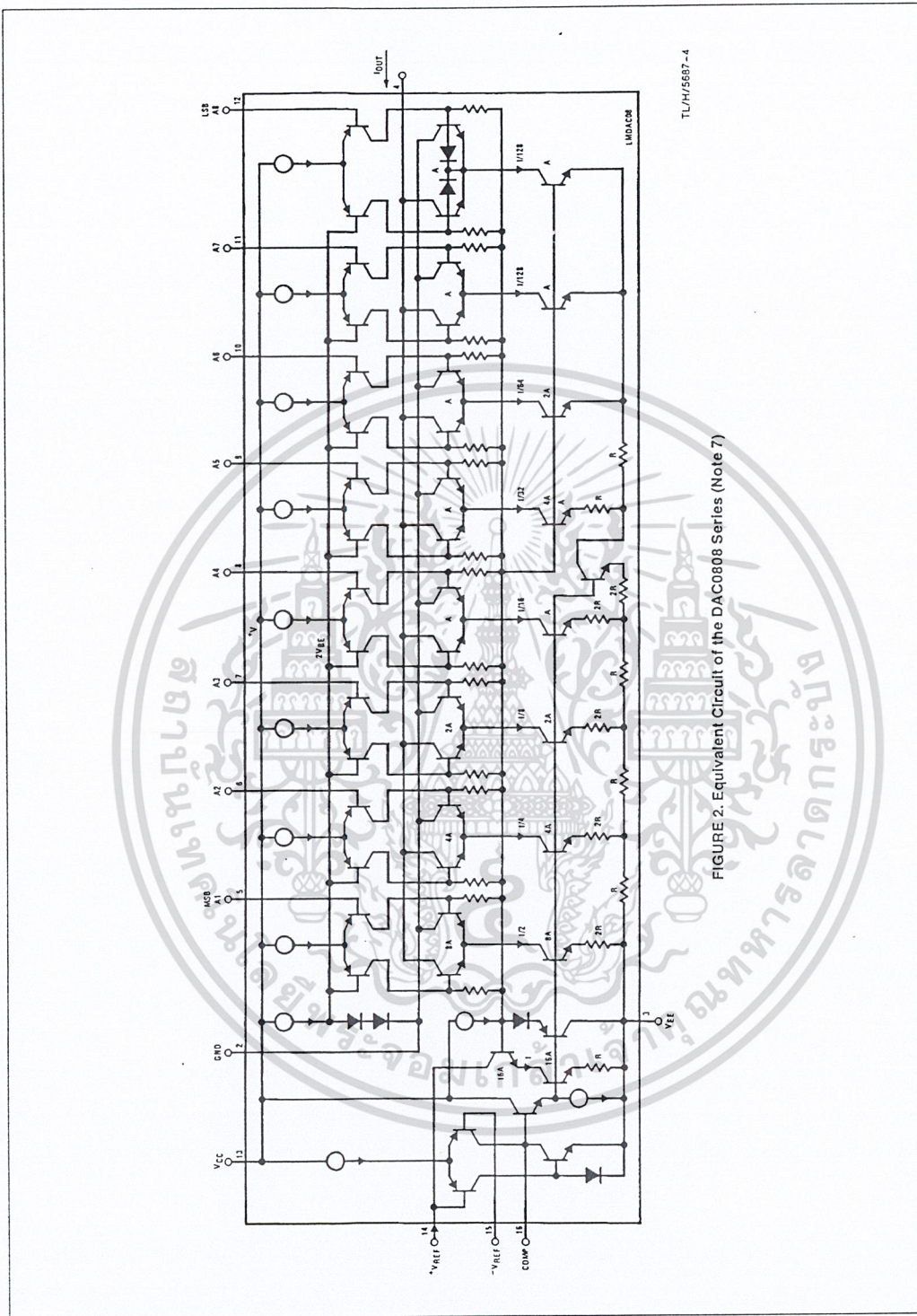
$V_{CC} = 5V$, $V_{EE} = -15V$, $T_A = 25^\circ C$, unless otherwise noted



TL/H/5667-5

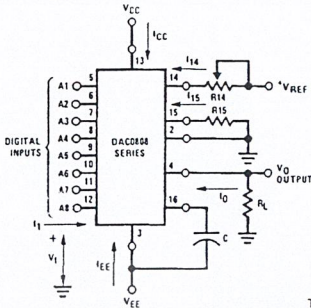
Unless otherwise specified: $R_{14} = R_{15} = 1 k\Omega$, $C = 15 pF$, pin 16 to V_{EE} ; $R_L = 50\Omega$, pin 4 to ground.
 Curve A: Large Signal Bandwidth Method of Figure 7, $V_{REF} = 2 V_{p-p}$ offset 1 V above ground.
 Curve B: Small Signal Bandwidth Method of Figure 7, $R_L = 250\Omega$, $V_{REF} = 50 mV_{p-p}$ offset 200 mV above ground.
 Curve C: Large and Small Signal Bandwidth Method of Figure 9 (no op amp, $R_L = 50\Omega$), $R_S = 50\Omega$, $V_{REF} = 2V$, $V_S = 100 mV_{p-p}$ centered at 0V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Circuits



V_i and I_1 apply to inputs A1–A8.

The resistor tied to pin 15 is to temperature compensate the bias current and may not be necessary for all applications.

$$I_O = K \left(\frac{A_1}{2} + \frac{A_2}{4} + \frac{A_3}{8} + \frac{A_4}{16} + \frac{A_5}{32} + \frac{A_6}{64} + \frac{A_7}{128} + \frac{A_8}{256} \right)$$

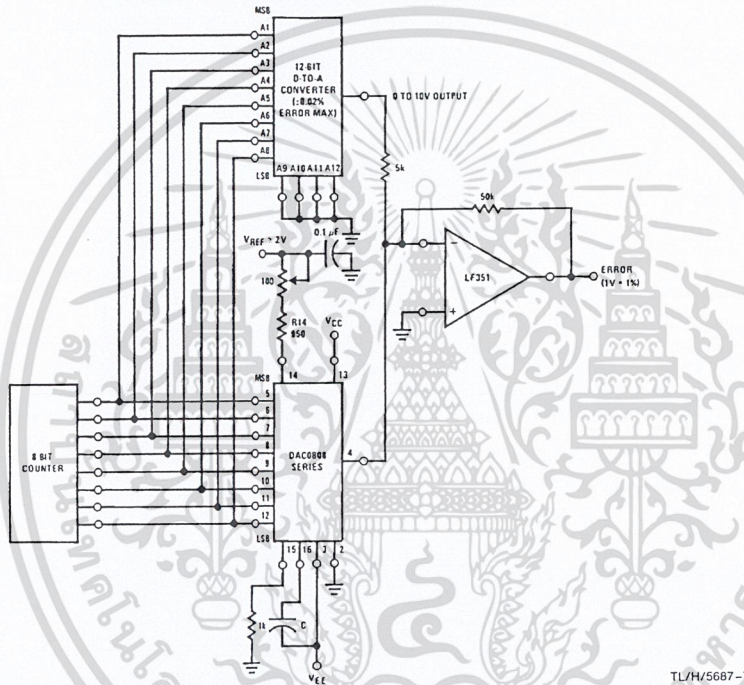
$$\text{where } K \approx \frac{V_{REF}}{R_{14}}$$

and $A_N = "1"$ if A_N is at high level

$A_N = "0"$ if A_N is at low level

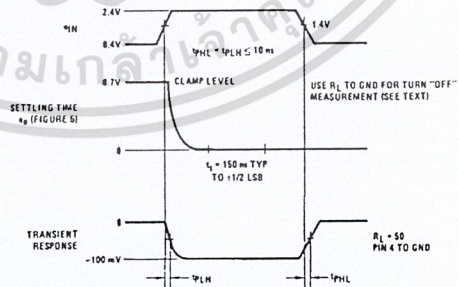
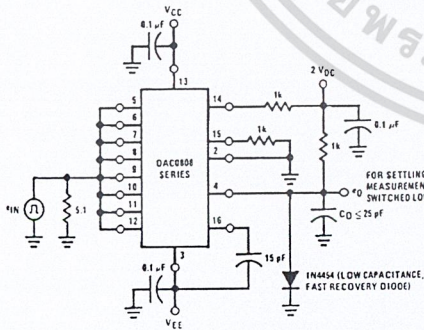
TL/H/5687-6

FIGURE 3. Notation Definitions Test Circuit (Note 7)



TL/H/5687-7

FIGURE 4. Relative Accuracy Test Circuit (Note 7)



TL/H/5687-8

FIGURE 5. Transient Response and Settling Time (Note 7)

Test Circuits (Continued)

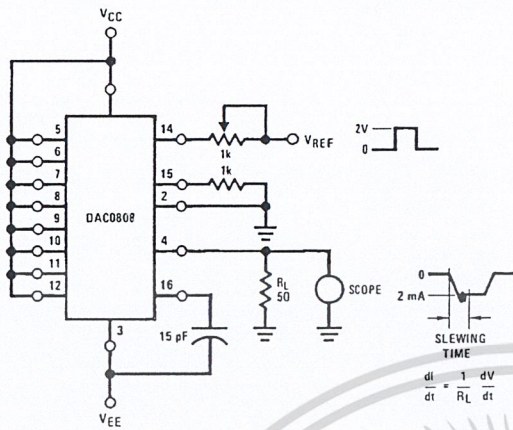


FIGURE 6. Reference Current Slew Rate Measurement (Note 7)

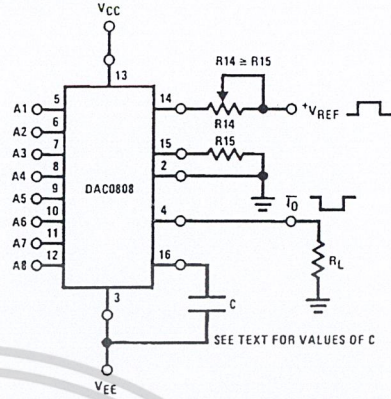


FIGURE 7. Positive V_{REF} (Note 7)

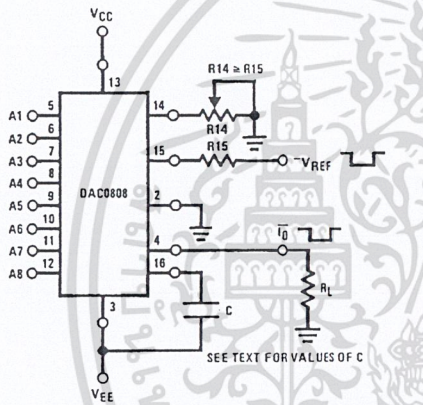


FIGURE 8. Negative V_{REF} (Note 7)

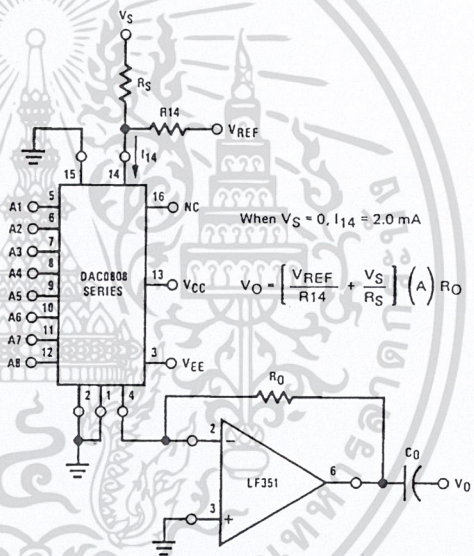


FIGURE 9. Programmable Gain Amplifier or Digital Attenuator Circuit (Note 7)

Application Hints

REFERENCE AMPLIFIER DRIVE AND COMPENSATION

The reference amplifier provides a voltage at pin 14 for converting the reference voltage to a current, and a turn-around circuit or current mirror for feeding the ladder. The reference amplifier input current, I_{14} , must always flow into pin 14, regardless of the set-up method or reference voltage polarity. Connections for a positive voltage are shown in Figure 7. The reference voltage source supplies the full current I_{14} . For bipolar reference signals, as in the multiplying mode,

R_{15} can be tied to a negative voltage corresponding to the minimum input level. It is possible to eliminate R_{15} with only a small sacrifice in accuracy and temperature drift.

The compensation capacitor value must be increased with increases in R_{14} to maintain proper phase margin; for R_{14} values of 1, 2.5 and 5 k Ω , minimum capacitor values are 15, 37 and 75 pF. The capacitor may be tied to either V_{EE} or ground, but using V_{EE} increases negative supply rejection.

Application Hints (Continued)

A negative reference voltage may be used if R14 is grounded and the reference voltage is applied to R15 as shown in Figure 8. A high input impedance is the main advantage of this method. Compensation involves a capacitor to V_{EE} on pin 16, using the values of the previous paragraph. The negative reference voltage must be at least 4V above the V_{EE} supply. Bipolar input signals may be handled by connecting R14 to a positive reference voltage equal to the peak positive input level at pin 15.

When a DC reference voltage is used, capacitive bypass to ground is recommended. The 5V logic supply is not recommended as a reference voltage. If a well regulated 5V supply which drives logic is to be used as the reference, R14 should be decoupled by connecting it to 5V through another resistor and bypassing the junction of the 2 resistors with 0.1 μ F to ground. For reference voltages greater than 5V, a clamp diode is recommended between pin 14 and ground.

If pin 14 is driven by a high impedance such as a transistor current source, none of the above compensation methods apply and the amplifier must be heavily compensated, decreasing the overall bandwidth.

OUTPUT VOLTAGE RANGE

The voltage on pin 4 is restricted to a range of -0.55 to $0.4V$ when $V_{EE} = -5V$ due to the current switching methods employed in the DAC0808.

The negative output voltage compliance of the DAC0808 is extended to $-5V$ where the negative supply voltage is more negative than $-10V$. Using a full-scale current of 1.992 mA and load resistor of 2.5 k Ω between pin 4 and ground will yield a voltage output of 256 levels between 0 and $-4.980V$. Floating pin 1 does not affect the converter speed or power dissipation. However, the value of the load resistor determines the switching time due to increased voltage swing. Values of R_L up to 500 Ω do not significantly affect performance, but a 2.5 k Ω load increases worst-case settling time to 1.2 μ s (when all bits are switched ON). Refer to the subsequent text section on Settling Time for more details on output loading.

OUTPUT CURRENT RANGE

The output current maximum rating of 4.2 mA may be used only for negative supply voltages more negative than $-8V$, due to the increased voltage drop across the resistors in the reference current amplifier.

ACCURACY

Absolute accuracy is the measure of each output current level with respect to its intended value, and is dependent upon relative accuracy and full-scale current drift. Relative accuracy is the measure of each output current level as a fraction of the full-scale current. The relative accuracy of the DAC0808 is essentially constant with temperature due to

the excellent temperature tracking of the monolithic resistor ladder. The reference current may drift with temperature, causing a change in the absolute accuracy of output current. However, the DAC0808 has a very low full-scale current drift with temperature.

The DAC0808 series is guaranteed accurate to within $\pm 1/2$ LSB at a full-scale output current of 1.992 mA. This corresponds to a reference amplifier output current drive to the ladder network of 2 mA, with the loss of 1 LSB (8 μ A) which is the ladder remainder shunted to ground. The input current to pin 14 has a guaranteed value of between 1.9 and 2.1 mA, allowing some mismatch in the NPN current source pair. The accuracy test circuit is shown in Figure 4. The 12-bit converter is calibrated for a full-scale output current of 1.992 mA. This is an optional step since the DAC0808 accuracy is essentially the same between 1.5 and 2.5 mA. Then the DAC0808 circuits' full-scale current is trimmed to the same value with R14 so that a zero value appears at the error amplifier output. The counter is activated and the error band may be displayed on an oscilloscope, detected by comparators, or stored in a peak detector.

Two 8-bit D-to-A converters may not be used to construct a 16-bit accuracy D-to-A converter. 16-bit accuracy implies a total error of $\pm 1/2$ of one part in 65,536 or $\pm 0.00076\%$, which is much more accurate than the $\pm 0.019\%$ specification provided by the DAC0808.

MULTIPLYING ACCURACY

The DAC0808 may be used in the multiplying mode with 8-bit accuracy when the reference current is varied over a range of 256:1. If the reference current in the multiplying mode ranges from 16 μ A to 4 mA, the additional error contributions are less than 1.6 μ A. This is well within 8-bit accuracy when referred to full-scale.

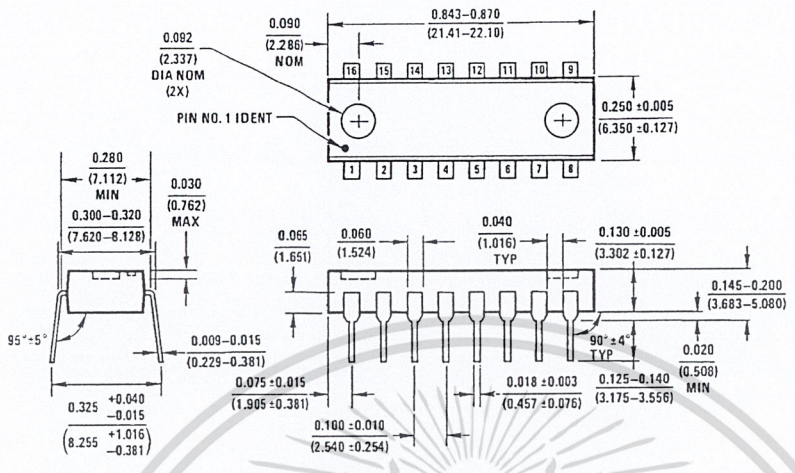
A monotonic converter is one which supplies an increase in current for each increment in the binary word. Typically, the DAC0808 is monotonic for all values of reference current above 0.5 mA. The recommended range for operation with a DC reference current is 0.5 to 4 mA.

SETTLING TIME

The worst-case switching condition occurs when all bits are switched ON, which corresponds to a low-to-high transition for all bits. This time is typically 150 ns for settling to within $\pm 1/2$ LSB, for 8-bit accuracy, and 100 ns to $1/2$ LSB for 7 and 6-bit accuracy. The turn OFF is typically under 100 ns. These times apply when $R_L \leq 500\Omega$ and $C_O \leq 25$ pF.

Extra care must be taken in board layout since this is usually the dominant factor in satisfactory test results when measuring settling time. Short leads, 100 μ F supply bypassing for low frequencies, and minimum scope lead length are all mandatory.

Physical Dimensions inches (millimeters) (Continued)




Dual-In-Line Package
 Order Number DAC0808, DAC0807 or DAC0806
 NS Package Number N16A

LIFE SUPPORT POLICY

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

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

 <p>National Semiconductor Corporation 1111 West Bardin Road Arlington, TX 76017 Tel: 1(800) 272-9959 Fax: 1(800) 737-7018</p>	<p>National Semiconductor Europe Fax: (+49) 0-180-530 85 86 Email: cnjwge@tevm2.nsc.com Deutsch Tel: (+49) 0-180-530 85 85 English Tel: (+49) 0-180-532 78 32 Français Tel: (+49) 0-180-532 93 58 Italiano Tel: (+49) 0-180-534 16 80</p>	<p>National Semiconductor Hong Kong Ltd. 13th Floor, Straight Block, Ocean Centre, 5 Canton Rd. Tsimshatsui, Kowloon Hong Kong Tel: (852) 2737-1600 Fax: (852) 2736-9960</p>	<p>National Semiconductor Japan Ltd. Tel: 81-043-299-2309 Fax: 81-043-299-2408</p>
---	---	--	--

National does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and National reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM555 Timer

General Description

The LM555 is a highly stable device for generating accurate time delays or oscillation. Additional terminals are provided for triggering or resetting if desired. In the time delay mode of operation, the time is precisely controlled by one external resistor and capacitor. For astable operation as an oscillator, the free running frequency and duty cycle are accurately controlled with two external resistors and one capacitor. The circuit may be triggered and reset on falling waveforms, and the output circuit can source or sink up to 200mA or drive TTL circuits.

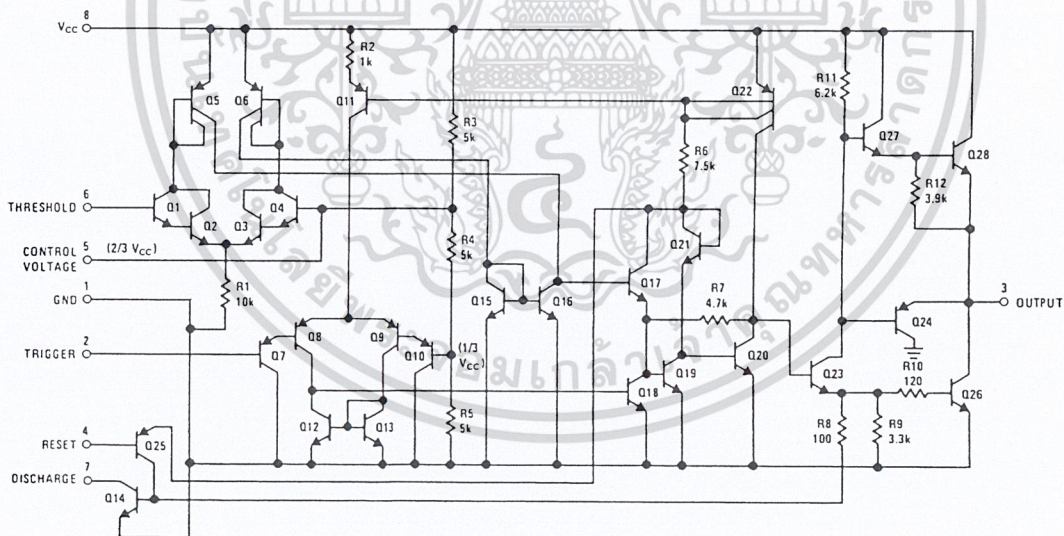
Features

- Direct replacement for SE555/NE555
- Timing from microseconds through hours
- Operates in both astable and monostable modes
- Adjustable duty cycle
- Output can source or sink 200 mA
- Output and supply TTL compatible
- Temperature stability better than 0.005% per °C
- Normally on and normally off output
- Available in 8-pin MSOP package

Applications

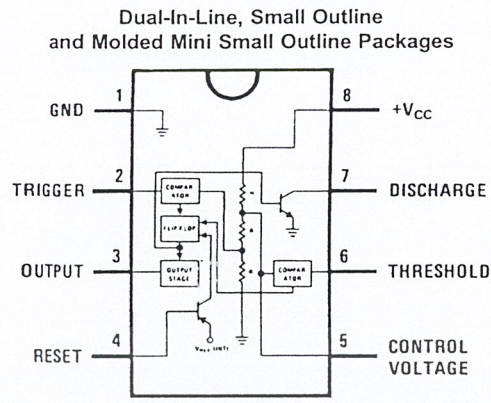
- Precision timing
- Pulse generation
- Sequential timing
- Time delay generation
- Pulse width modulation
- Pulse position modulation
- Linear ramp generator

Schematic Diagram



DS007851-1

Connection Diagram



Top View

Ordering Information

Package	Part Number	Package Marking	Media Transport	NSC Drawing
8-Pin SOIC	LM555CM	LM555CM	Rails	M08A
	LM555CMX	LM555CM	2.5k Units Tape and Reel	
8-Pin MSOP	LM555CMM	Z55	1k Units Tape and Reel	MUA08A
	LM555CMMX	Z55	3.5k Units Tape and Reel	
8-Pin MDIP	LM555CN	LM555CN	Rails	N08E

Absolute Maximum Ratings (Note 2)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage	+18V
Power Dissipation (Note 3)	
LM555CM, LM555CN	1180 mW
LM555CMM	613 mW
Operating Temperature Ranges	
LM555C	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C

Soldering Information

Dual-In-Line Package	
Soldering (10 Seconds)	260°C
Small Outline Packages (SOIC and MSOP)	
Vapor Phase (60 Seconds)	215°C
Infrared (15 Seconds)	220°C

See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.

Electrical Characteristics (Notes 1, 2)

($T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{CC} = +5\text{V}$ to +15V, unless otherwise specified)

Parameter	Conditions	Limits			Units
		LM555C			
		Min	Typ	Max	
Supply Voltage		4.5		16	V
Supply Current	$V_{CC} = 5\text{V}$, $R_L = \infty$ $V_{CC} = 15\text{V}$, $R_L = \infty$ (Low State) (Note 4)		3 10	6 15	mA
Timing Error, Monostable					
Initial Accuracy			1		%
Drift with Temperature	$R_A = 1\text{k}$ to $100\text{k}\Omega$, $C = 0.1\mu\text{F}$, (Note 5)		50		ppm/°C
Accuracy over Temperature			1.5		%
Drift with Supply			0.1		%/V
Timing Error, Astable					
Initial Accuracy			2.25		%
Drift with Temperature	$R_A, R_B = 1\text{k}$ to $100\text{k}\Omega$, $C = 0.1\mu\text{F}$, (Note 5)		150		ppm/°C
Accuracy over Temperature			3.0		%
Drift with Supply			0.30		%/V
Threshold Voltage			0.667		$\times V_{CC}$
Trigger Voltage	$V_{CC} = 15\text{V}$ $V_{CC} = 5\text{V}$		5 1.67		V V
Trigger Current			0.5	0.9	μA
Reset Voltage		0.4	0.5	1	V
Reset Current			0.1	0.4	mA
Threshold Current	(Note 6)		0.1	0.25	μA
Control Voltage Level	$V_{CC} = 15\text{V}$ $V_{CC} = 5\text{V}$	9 2.6	10 3.33	11 4	V V
Pin 7 Leakage Output High			1	100	nA
Pin 7 Sat (Note 7)					
Output Low	$V_{CC} = 15\text{V}$, $I_7 = 15\text{mA}$		180		mV
Output Low	$V_{CC} = 4.5\text{V}$, $I_7 = 4.5\text{mA}$		80	200	mV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics (Notes 1, 2) (Continued)

($T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{CC} = +5\text{V}$ to $+15\text{V}$, unless otherwise specified)

Parameter	Conditions	Limits			Units
		LM555C			
		Min	Typ	Max	
Output Voltage Drop (Low)	$V_{CC} = 15\text{V}$				
	$I_{SINK} = 10\text{mA}$		0.1	0.25	V
	$I_{SINK} = 50\text{mA}$		0.4	0.75	V
	$I_{SINK} = 100\text{mA}$		2	2.5	V
	$I_{SINK} = 200\text{mA}$		2.5		V
	$V_{CC} = 5\text{V}$				
	$I_{SINK} = 8\text{mA}$		0.25	0.35	V
Output Voltage Drop (High)	$I_{SOURCE} = 200\text{mA}$, $V_{CC} = 15\text{V}$		12.5		V
	$I_{SOURCE} = 100\text{mA}$, $V_{CC} = 15\text{V}$	12.75	13.3		V
	$V_{CC} = 5\text{V}$	2.75	3.3		V
Rise Time of Output			100		ns
Fall Time of Output			100		ns

Note 1: All voltages are measured with respect to the ground pin, unless otherwise specified.

Note 2: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is functional, but do not guarantee specific performance limits. Electrical Characteristics state DC and AC electrical specifications under particular test conditions which guarantee specific performance limits. This assumes that the device is within the Operating Ratings. Specifications are not guaranteed for parameters where no limit is given, however, the typical value is a good indication of device performance.

Note 3: For operating at elevated temperatures the device must be derated above 25°C based on a $+150^\circ\text{C}$ maximum junction temperature and a thermal resistance of 106°C/W (DIP), 170°C/W (SO-8), and 204°C/W (MSOP) junction to ambient.

Note 4: Supply current when output high typically 1 mA less at $V_{CC} = 5\text{V}$.

Note 5: Tested at $V_{CC} = 5\text{V}$ and $V_{CC} = 15\text{V}$.

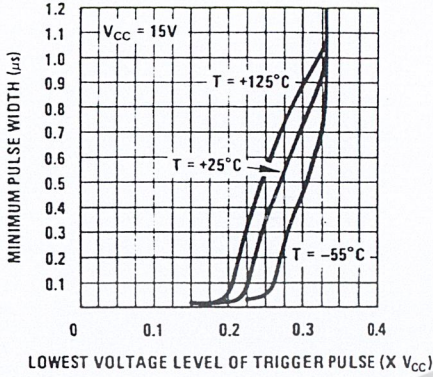
Note 6: This will determine the maximum value of $R_A + R_B$ for 15V operation. The maximum total ($R_A + R_B$) is $20\text{M}\Omega$.

Note 7: No protection against excessive pin 7 current is necessary providing the package dissipation rating will not be exceeded.

Note 8: Refer to RETS555X drawing of military LM555H and LM555J versions for specifications.

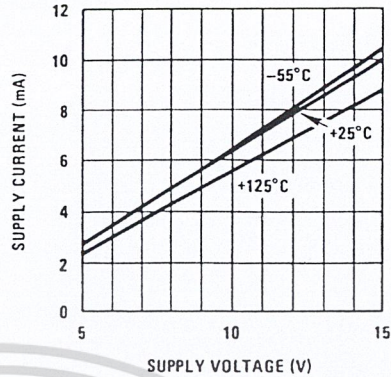
Typical Performance Characteristics

Minimum Pulse Width Required for Triggering



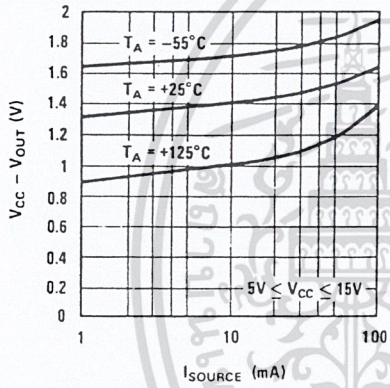
DS007851-4

Supply Current vs. Supply Voltage



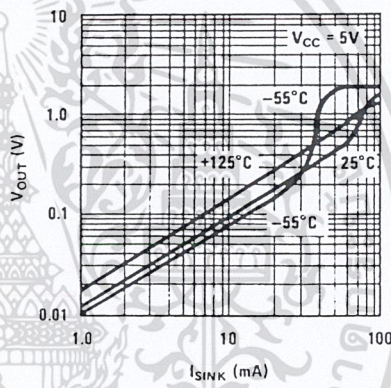
DS007851-19

High Output Voltage vs. Output Source Current



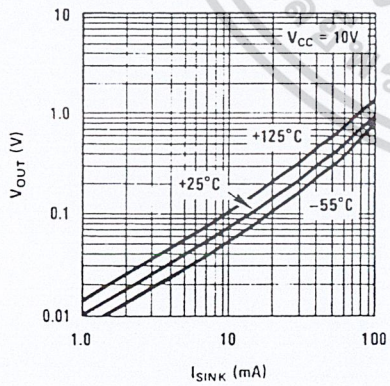
DS007851-20

Low Output Voltage vs. Output Sink Current



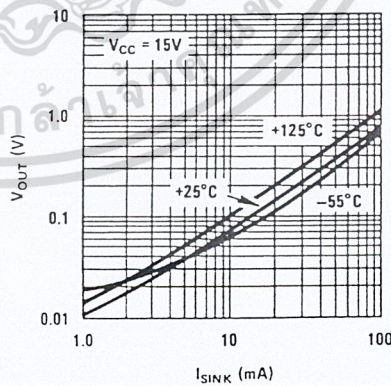
DS007851-21

Low Output Voltage vs. Output Sink Current



DS007851-22

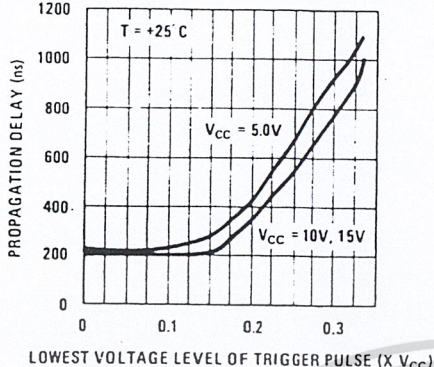
Low Output Voltage vs. Output Sink Current



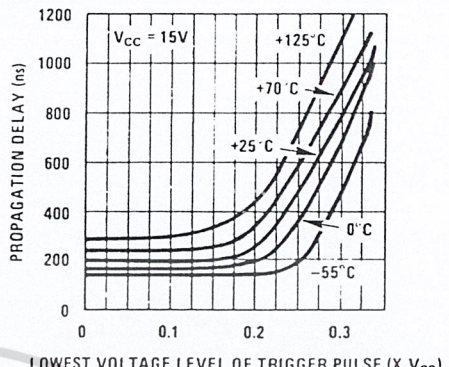
DS007851-23

Typical Performance Characteristics (Continued)

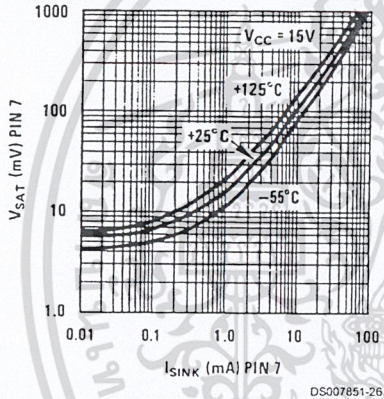
Output Propagation Delay vs. Voltage Level of Trigger Pulse



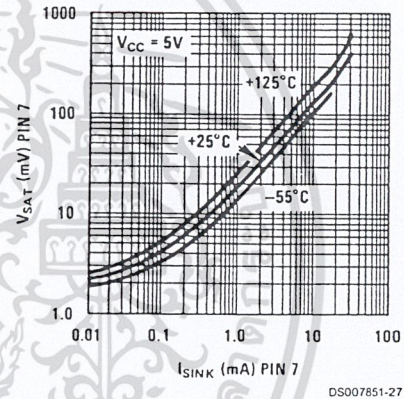
Output Propagation Delay vs. Voltage Level of Trigger Pulse



Discharge Transistor (Pin 7) Voltage vs. Sink Current



Discharge Transistor (Pin 7) Voltage vs. Sink Current



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TL494

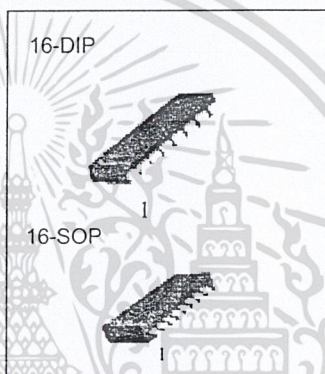
SMPS Controller

Features

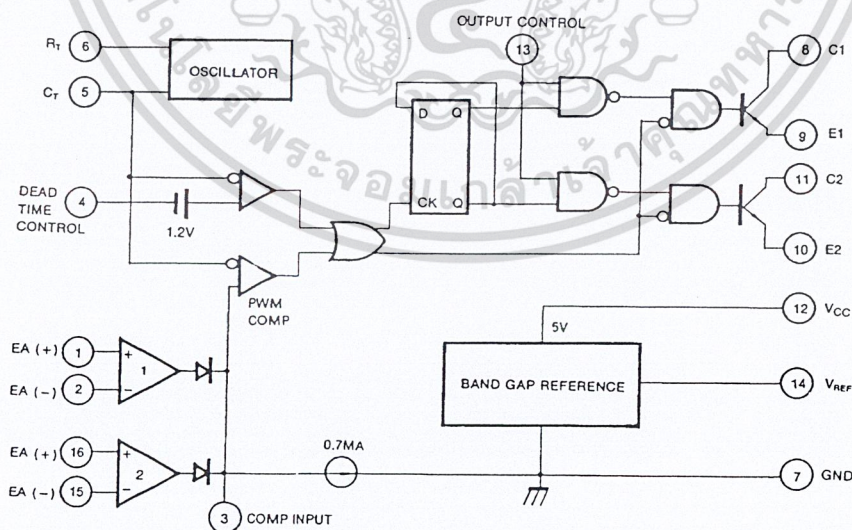
- Internal regulator provides a stable 5V reference supply trimmed to 5%
- Uncommitted output TR for 200mA sink or source current
- Output control for push-pull or single-ended operation
- Variable duty cycle by dead time control (pin 4) Complete PWM control circuit
- On-chip oscillator with master or slave operation
- Internal circuit prohibits double pulse at either output

Description

The TL494 is used for the control circuit of the PWM switching regulator. The TL494 consists of 5V reference voltage circuit, two error amplifiers, flip flop, an output control circuit, a PWM comparator, a dead time comparator and an oscillator. This device can be operated in the switching frequency of 1 KHz to 300 KHz.



Internal Block Diagram



Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Value	Unit
Supply Voltage	V _{CC}	42	V
Collector Supply Voltage	V _C	42	V
Output Current	I _O	250	mA
Amplifier Input Voltage	V _{IN}	V _{CC} + 0.3	V
Power Dissipation (T _A = 25°C)	P _D	1 (TL494CN) 0.9 (TL494CD)	W
Operating Temperature Range	T _{OPR}	0 ~ +70	°C
Storage Temperature Range	T _{STG}	-65 ~ + 150	°C



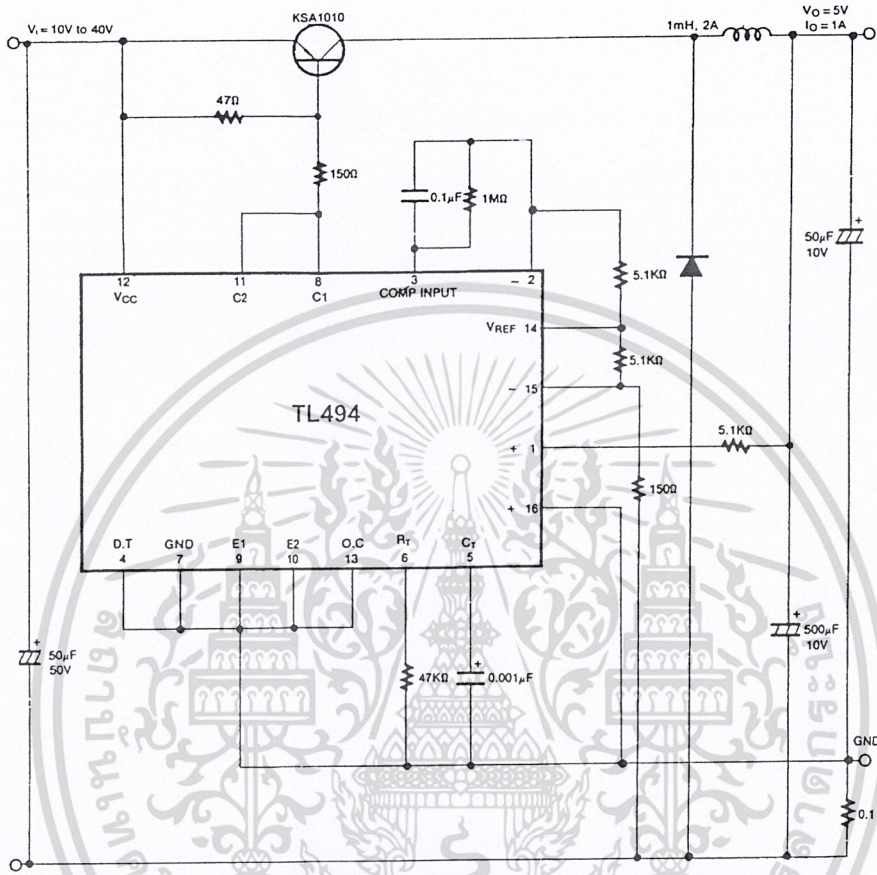
Electrical Characteristics

($V_{CC} = 20V$, $f = 10KHz$, $T_A = 0^{\circ}C$ to $+70^{\circ}C$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
REFERENCE SECTION						
Reference Output Voltage	V_{REF}	$I_{REF} = 1mA$	4.75	5.0	5.25	V
Line Regulation	ΔV_{REF}	$V_{CC} = 7V$ to $40V$	-	2.0	25	mV
Temperature Coefficient of V_{REF}	$\Delta V_{REF}/\Delta T$	$T_A = 0^{\circ}C$ to $70^{\circ}C$	-	0.01	0.03	%/ $^{\circ}C$
Load Regulation	ΔV_{REF}	$I_{REF} = 1mA$ to $10mA$	-	1.0	15	mV
Short-Circuit Output Current	I_{SC}	$V_{REF} = 0V$	10	35	50	mA
OSCILLATOR SECTION						
Oscillation Frequency	f	$C_T = 0.01\mu F$, $R_T = 12K\Omega$	-	10	-	KHz
Frequency Change with Temperature	$\Delta f/\Delta T$	$C_T = 0.01\mu F$, $R_T = 12K\Omega$	-	-	2	%
DEAD TIME CONTROL SECTION						
Input Bias Current	I_{BIAS}	$V_{CC} = 15V$, $0V \leq V_4 \leq 5.25V$	-	-2.0	-10	μA
Maximum Duty Cycle	$D(MAX)$	$V_{CC} = 15V$, $V_4 = 0V$ $O.C Pin = V_{REF}$	45	-	-	%
Input Threshold Voltage	V_{ITH}	Zero Duty Cycle	-	3.0	3.3	V
		Max. Duty Cycle	0	-	-	
ERROR AMP SECTION						
Input Offset Voltage	V_{IO}	$V_3 = 2.5V$	-	2.0	10	mV
Input Offset Current	I_{IO}	$V_3 = 2.5V$	-	25	250	mA
Input Bias Current	I_{BIAS}	$V_3 = 2.5V$	-	0.2	1.0	μA
Common Mode Input Voltage	V_{CM}	$7V \leq V_{CC} \leq 40V$	-0.3	-	V_{CC}	V
Open-Loop Voltage Gain	G_{VO}	$0.5V \leq V_3 \leq 3.5V$	70	95	-	dB
Unit-Gain Bandwidth	BW	-	-	650	-	KHz
PWM COMPARATOR SECTION						
Input Threshold Voltage	V_{ITH}	Zero Duty Cycle	-	4	4.5	V
Input Sink Current	I_{SINK}	$V_3 = 0.7V$	-0.3	-0.7	-	mV
OUTPUT SECTION						
Output Saturation Voltage Common Emitter	$V_{CE(SAT)}$	$V_E = 0$, $I_C = 200mA$	-	1.1	1.3	V
Common Collector	$V_{CC(SAT)}$	$V_C = 15V$, $I_E = -200mA$	-	1.5	2.5	
Collector Off-State Current	$I_C(OFF)$	$V_{CC} = 40V$, $V_{CE} = 40V$	-	2	100	μA
Emitter Off-State Current	$I_E(OFF)$	$V_{CC} = V_C = 40V$, $V_E = 0$	-	-	-100	
TOTAL DEVICE						
Supply Current	I_{CC}	$Pin 6 = V_{REF}$, $V_{CC} = 15V$	-	6	10	mA
OUTPUT SWITCHING CHARACTERISTIC						
Rise Time	t_R	-	-	-	-	-
Common Emitter	-	-	-	100	200	ns
Common Collector	-	-	-	100	200	
Fall Time	t_F	-	-	-	-	-
Common Emitter	-	-	-	25	100	ns
Common Collector	-	-	-	40	100	

Typical Application

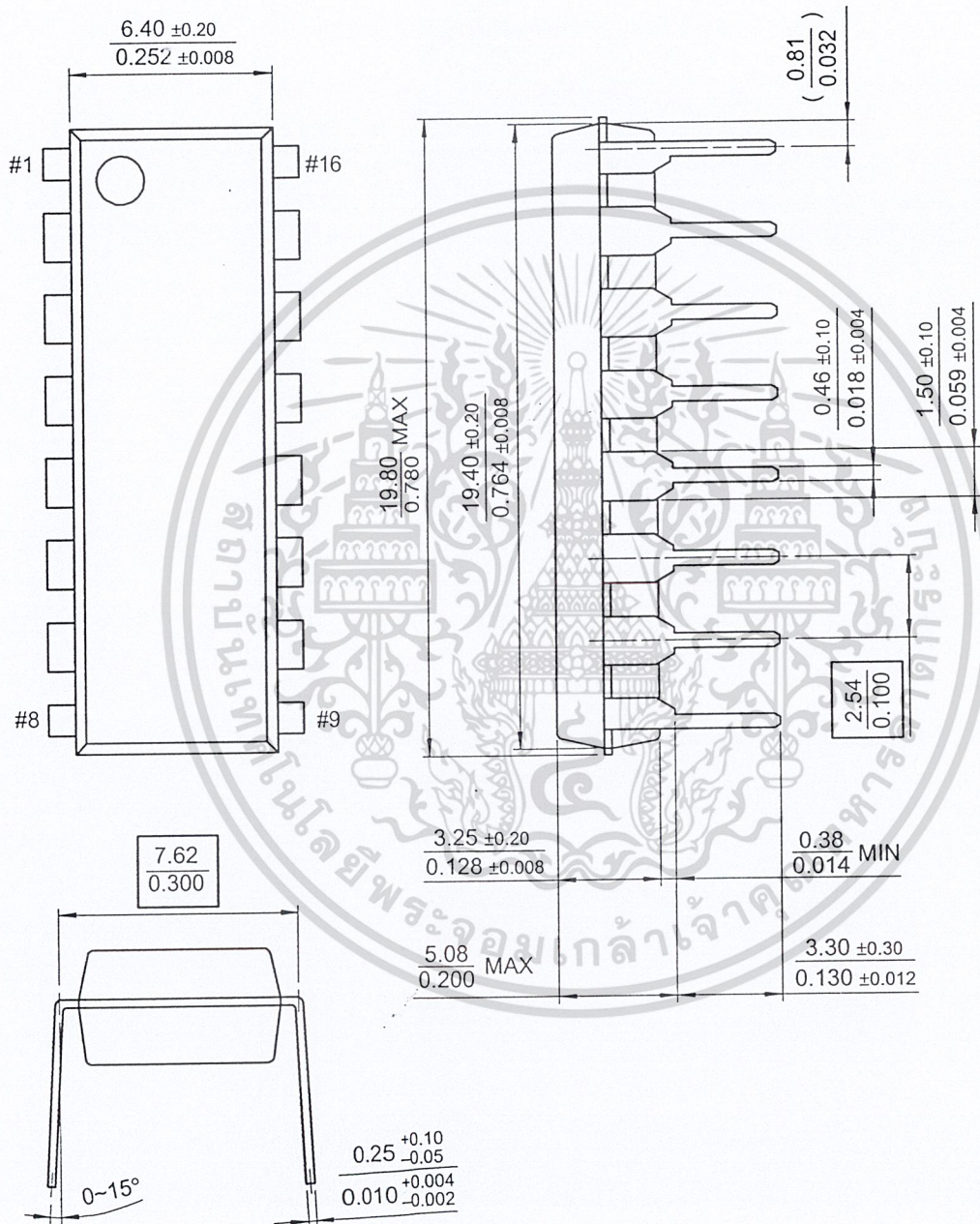
Pulse Width Modulated Step-down Converter



Mechanical Dimensions

Package

16-DIP



Ordering Information

Product Number	Package	Operating Temperature
TL494CN	16 DIP	0 ~ + 70°C
TL494CD	16 SOP	

