



ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 ใบรับรองปริญญาโท

ชื่อหัวข้อ รถเข็นไฟฟ้า
 Electrical Wheel Chair

ชื่อนักศึกษา	1. นายคชาวุธ จันทร์วงศ์ทอง	รหัสประจำตัว	47035382
	2. นายคณาทร พ้อหลาน	รหัสประจำตัว	47035383
	3. นายชาติชาย ระวังวงศ์	รหัสประจำตัว	47035386
	4. นายภาณุพงศ์ ประจงการ	รหัสประจำตัว	47035396

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
 อาจารย์ที่ปรึกษา อ.ประเสริฐ เคนพันค้อ
 อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อ.สุรพงษ์ สิริพงษ์ดี

คณะกรรมการสอบปริญญาโท	ลายมือชื่อ
1. ผศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์	
2. อ.ประเสริฐ เคนพันค้อ	
3. อ.สุรพงษ์ สิริพงษ์ดี	
4. ผศ.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา	
5. อ.พิชญ์สินี มะโน	

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันอังคารที่ 25 เดือนเมษายน พ.ศ. 2549 เวลา 9.00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ก.311 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม.....

(ผศ.สุรสิทธิ์ รัตรี)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
 วันที่.....1.....เดือน.....พ.ศ. 2549



<BT481142>

รถเข็นไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิญานิพนธ์

รถเข็นไฟฟ้า

ELECTRIAL WHEELCHAIR



คณาจารย์
คณาจารย์
ชาติชาย
ภาณุพงศ์
จันทร์วงศ์ทอง
พ่อหลาน
ระวีวงศ์
ประจงการ

เลขที่.....
เลขประจำตัว.....66686
รุ่นเดือนปี..... 8 ปี 2549

1166C326
.....

ปฏิญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์

เรื่อง รถเข็นไฟฟ้า

Electrical Wheel Chair

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับการสร้างรถเข็นไฟฟ้า
2. สามารถออกแบบโครงสร้างตัวรถและส่วนประกอบต่างๆ ได้เหมาะสมต่อการใช้งาน
3. เป็นการฝึกทักษะการใช้เครื่องมือในการสร้างชิ้นงาน
4. เมื่อทำการทดสอบความสามารถใช้งานได้สมบูรณ์ที่สุดความสามารถโครงการบรรลุได้
5. รถเข็นไฟฟ้าสามารถใช้งานได้โดยสมบูรณ์โดยไม่เกิดปัญหาใดๆ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถเข้าใจการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ในการนำมาประกอบเป็นชิ้นงานได้
2. สามารถออกแบบจัดลำดับของลำดับของโครงสร้างการวางอุปกรณ์ได้อย่างเหมาะสม
3. เป็นการฝึกทักษะและฝีมือในการสร้างประกอบชิ้นงานตรงตามแบบที่กำหนดไว้
4. สามารถระบุปัญหาและและแนวทางการแก้ไขปัญหาของรถเข็นไฟฟ้าได้
5. ผู้ใช้งานสามารถนำรถเข็นไฟฟ้าไปใช้งานจริงได้อย่างสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	รถเซ็นไฟฟ้า	
นักศึกษา	นายคชาวุธ	จันทร์วงศ์ทอง
	นายคณาธร	พ่อหลาน
	นายชาติชาย	ระวีวงศ์
	นายภาณุพงศ์	ประจงการ

อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ประเสริฐ เคนพันก่อ	
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์สุรพงษ์ สิริพงศ์ดี	
หลักสูตร	ครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรม	
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม	
ปีการศึกษา	2548	

บทคัดย่อ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอเกี่ยวกับรถเซ็นไฟฟ้าเพื่อช่วยในการอำนวยความสะดวกแก่ผู้ป่วยและใช้งานทั่วไป ซึ่งจะเน้นในเรื่องระบบอำนวยความสะดวกช่วยเหลือผู้ที่ต้องการใช้งานตั้งแต่ระบบการบังคับควบคุมทิศทางตัวรถเซ็นไฟฟ้า ระบบวงจรขอความช่วยเหลือเมื่อตัวรถเสียการทรงตัว วงจรสัญญาณเตือนเมื่อตัวรถจะชนสิ่งกีดขวาง วงจรชาร์จแบตเตอรี่ ระบบเบรกหยุดตัวรถเซ็นไฟฟ้า เป็นต้น โดยมารวมเป็นชิ้นงานประยุกต์ใช้อยู่ในตัวรถเซ็นไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Electrical Wheel Chair	
Students	Mr. Khatawut	Chanwongthong
	Mr. Kanathon	Ponlan
	Mr. Chatchay	Rawangwong
	Mr. Parnupong	Prajongkran
Advisor	Mr. Prasert	Kenpankho
Co-Advisor	Mr. Surapong	Siripondee
Education Level	Bachelor of Science in Industrial Education	
Program In	Industrial Instrumentation Technology	
Academic Year	2005	

ABSTRACT

This thesis presents an Electrical Wheel Chair to make the convenience for the sickness person and other people .

Electrical Wheel Chair is specially focused on the comfortable system to help users to control it self .The Electrical Wheel Chair has it own boby balance control crash warning , caterry charger and braking system .

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเนื่องมาจากความร่วมมือร่วมใจของสมาชิกภายในกลุ่มทุกท่านและผู้จัดทำขอขอบพระคุณท่าน อาจารย์ประเสริฐ เคนพันธ์ อธิการย์สุรพงษ์ สิริพงศ์ดี และอาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์ศึกษาศาสตร์ทุกท่านเป็นอย่างยิ่งที่ได้ให้ความกรุณา เอื้อเฟื้อคำปรึกษาและคำแนะนำในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ตลอดจนถึงข้อมูลและอุปกรณ์ที่เป็นประโยชน์ต่อการทดลองโครงการและในการจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบคุณห้องสมุดคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและสำนักหอสมุดกลางที่ช่วยอำนวยความสะดวกและเอื้อเฟื้อสถานที่ในการสืบค้นคว้าหาข้อมูล

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา รวมถึงผู้ที่มีพระคุณที่ให้การสนับสนุนทุกสิ่งทุกอย่างทางด้านการศึกษาตลอดจนถึงปัจจุบันและสุดท้ายนี้ขอขอบคุณเพื่อนๆที่คอยเป็นกำลังใจให้ตลอดจนเสมอมา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 จุดมุ่งหมายโครงการ	1
1.3 สมมุติฐานของการจัดทำโครงการ	2
1.4 ขีดความสามารถของโครงการ	2
1.5 ขั้นตอนของการทำโครงการ	2
1.6 เนื้อหาโดยสังเขป	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	4
2.1 กล่าวนำ	4
2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	4
2.2.1 หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	4
2.2.2 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	8
2.2.3 วิธีกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	10
2.2.4 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	12
2.3 ประสิทธิภาพของมอเตอร์	12
2.4 แบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด	13
2.4.1 การจำแนกประเภทของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด	13
2.4.2 คุณสมบัติโดยทั่วไปของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด	13
2.4.3 ตัวประกอบที่มีผลต่อความจุของแบตเตอรี่	17
2.4.4 อายุการใช้งานของแบตเตอรี่	25
2.4.5 ขนาดของแบตเตอรี่และประสิทธิภาพ	25
2.5 วิธีการเลือกใช้แบตเตอรี่	26
2.5.1 คุณลักษณะของการคายประจุ	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.5.2 ตัวแปรทางด้านอุณหภูมิต	30
2.5.3 การประจุกระแสไฟฟ้า	31
2.6 เซนเซอร์ชนิดใช้แสง (OPTICAL SENSOR)	31
2.6.1 ชนิดของตัวรับแสงและส่งแสง	32
2.6.2 เทคนิคในการรับส่งลำแสง	33
2.6.3 โครงสร้างของเซนเซอร์ชนิดรับส่งลำแสง	34
2.6.4 เซนเซอร์แบบลำแสงผ่านตลอด (Through-Beam Sensor)	34
2.6.5 เซนเซอร์แบบลำแสงสะท้อนกลับ (Retro-Reflective Sensor)	35
2.6.6 เซนเซอร์แบบตรวจจับโดยตรง (Diffuse Reflective sensor)	35
2.6.7 หลักการเลือกใช้เซนเซอร์ชนิดใช้แสงให้เหมาะสมกับงาน	36
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน	39
3.1 ผังการทำงานของโครงการ	39
3.2 แผนผังของวงจรมอเตอร์ควบคุมและวงจรมอเตอร์กำลัง	40
3.3 อัตราทด	40
3.3.1 ความต้านทานการเคลื่อนที่ของรถ (Automotive Resistance)	41
3.3.2 ความต้านทานเนื่องจากอากาศ (Air Resistance)	41
3.3.3 ความต้านทานเนื่องจากการหมุน (Rolling Resistance)	41
3.4 การคำนวณหาขนาดมอเตอร์	42
3.4.1 แรงเสียดทาน	42
3.4.2 แรงขณะเริ่มเคลื่อนที่	43
3.4.3 แรงที่ใช้เมื่อเคลื่อนที่แล้ว	44
3.4.4. แรงบิดที่ใช้เมื่อเคลื่อนที่แล้ว	44
3.4.5. กำลังงานที่ใช้เวลา 1 ชั่วโมง	44
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	46
4.1 การทดลองขีดความสามารถของโครงการ	46
4.1.1 รถเซ็นไฟฟ้าสามารถเคลื่อนที่ได้ภายในและภายนอกอาคาร	46
4.1.2 ตัวรถเซ็นไฟฟ้าสามารถรับน้ำหนักได้ ประมาณ 60 กิโลกรัม	49
4.1.3 ทดลองสัญญาณเตือนเมื่อตัวรถเคลื่อนที่ใกล้ชนสิ่งกีดขวาง	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.1.4 ระบบขอความช่วยเหลือและตัดวงจรถางงานของตัวรถ เมื่อเกิดอุบัติเหตุ เสียการทรงตัว	49
4.1.5 ระบบบอกแรงดันแบตเตอรี่ใช้งาน	49
4.1.6 ระบบเบรกหยุดตัวรถแบบดรัมเบรก	50
บทที่ 5 บทสรุป	51
5.1 สรุป	51
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข	51
5.3 แนวทางการพัฒนา	51
บรรณานุกรม	52
ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ	53
ภาคผนวก ข วงจรและวงจรมิมพ์	56
ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์	65
ภาคผนวก ง รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์	69
ภาคผนวก จ คู่มือการใช้งาน	132
ประวัติผู้แต่ง	138

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 คุณสมบัติแอมแปร์-ชั่วโมง (AMPERE - HOURS) หรือ วัตต์-ชั่วโมง (WATT - HOURS) ของ แบตเตอรี่ชนิดต่าง ๆ.....	14
2.2 เปอร์เซ็นต์ความจุของแบตเตอรี่ชนิดต่าง ๆ	15
2.3 แรงดันไฟฟ้าสูงสุดในการประจุสำหรับแบตเตอรี่ชนิดต่างๆ	24
2.4 แรงดันไฟฟ้าสูงสุดในการประจุในอุณหภูมิต่างๆ.....	25
2.5 พิกัดความจุที่เปลี่ยนไปในการคายประจุอย่างต่อเนื่อง	28
2.6 พลังงานของแบตเตอรี่ที่พิกัดของการคายประจุต่างๆ.....	29
2.7 การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียตามชนิดของแสง	33
2.8 การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของเซนเซอร์แบบลำแสงผ่านตลอด	34
2.9 การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของเซนเซอร์แบบลำแสงสะท้อนกลับ	35
2.10 การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของเซนเซอร์แบบตรวจจับโดยตรง	35
4.1 ระดับแรงดันแบตเตอรี่.....	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 กฎมือซ้ายของเฟลมมิง.....	5
2.2 วงจรเทียบเคียงแรงดันไฟฟ้าต้านกลับ.....	5
2.3 แสดงมือไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่าย.....	6
2.4 การเกิดสนามแม่เหล็กที่ขดลวดอาร์เมเจอร์.....	7
2.5 ซีรีส์มอเตอร์.....	8
2.6 ชันต์มอเตอร์.....	9
2.7 แสดงการกลับทิศทางการหมุนของซีรีส์มอเตอร์โดยการกลับทิศทางการไหลของกระแสในอาร์ เมเจอร์.....	10
2.8 แสดงการกลับทิศทางการหมุนของซีรีส์มอเตอร์โดยการกลับทิศทางการไหลของกระแสใน ขดลวด.....	11
2.9 ความจุแอมแปร์-ชั่วโมง และกราฟของเวลา.....	16
2.10 ผลของแรงดันสุดท้ายต่อเอาต์พุทของเซลล์ เมื่อโหลดเท่ากับ 6 ชั่วโมง.....	18
2.11 การเปลี่ยนแปลงแรงดันขณะเปิดวงจรของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกับค่าความถ่วงจำเพาะ.....	22
2.12 ลักษณะสมบัติของแรงดันเมื่อเทียบกับเวลาของแทรกชั้นแบตเตอรี่.....	24
2.13 ความจุของแบตเตอรี่ขณะที่คายประจุอย่างต่อเนื่องและหยุดเป็นพักๆ ที่อุณหภูมิสูง.....	27
2.14 ความจุของแบตเตอรี่ขณะที่ทำการคายประจุอย่างต่อเนื่องและหยุดเป็นพักๆ ที่อุณหภูมิต่ำจาก การเปรียบเทียบความจุที่เปลี่ยนไปในการคายประจุอย่างต่อเนื่องที่อุณหภูมิ 27 องศา เซลเซียส.....	27
2.15 แรงดันไฟฟ้าและกำลังทางด้านเอาต์พุทของแทรกชั้นแบตเตอรี่ที่อุณหภูมิปกติ.....	29
2.16 กราฟความจุลิ่ง (COOLING) เอ็กซ์ไซด์ไอออนไนแคตของแบตเตอรี่ 18 เซลล์ 440 AH.....	30
3.1 ผังการทำงานของโครงการ.....	39
3.2 แผนผังของวงจรภาคควบคุม และวงจรภาคกำลัง.....	40
3.3 รูปคลื่นไฟฟ้า.....	45
4.1 การทดลองรถเข็นไฟฟ้าเริ่มทางตรง.....	46
4.2 การทดลองรถเข็นไฟฟ้าเลี้ยวขวา.....	47
4.3 การทดลองรถเข็นไฟฟ้าเลี้ยวซ้าย.....	47
4.4 การทดลองถอยหลัง.....	48
4.5 การทดลองขับขึ้นที่สูง.....	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันเทคโนโลยีด้านต่างๆ มีความก้าวหน้าขึ้นอยู่ตลอดเวลา รวมไปถึงด้านการคมนาคม ซึ่งเป็นสิ่งที่มีความสำคัญในชีวิตประจำวันของเราเป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นการเดินทางในระยะใกล้หรือระยะไกล แต่คนบางกลุ่มยังขาดเทคโนโลยีที่อำนวยความสะดวกในด้านการคมนาคม รวมไปถึงสภาวะปัจจุบันปัญหาใหญ่ของการคมนาคมก็คือปัญหาน้ำมันเชื้อเพลิงซึ่งแพงขึ้นทุกวันจนไม่มีที่ท่าว่าจะลดลงเลย ดังนั้นผู้จัดทำจึงเล็งเห็นว่า ถ้านำเทคโนโลยีมาใช้พัฒนาด้านการคมนาคมระยะใกล้ โดยใช้พลังงานไฟฟ้าแทนการใช้พลังงานจากน้ำมันเป็นสิ่งที่ดี จึงมีความคิดที่จะสร้างรถเข็นไฟฟ้า เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้ป่วย และบุคคลทั่วไป เพราะการใช้พลังงานจากน้ำมันเชื้อเพลิงนั้นมีข้อเสียตามมาหลายประการ อาทิ เช่น เรื่องมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงจากเครื่องจักรภายในตัวพาหนะ เปลี่ยนเป็นความเสี่ยงที่มีให้เห็นมากมายในห้องถนนทั่วไป จากปัญหาที่ได้กล่าวมา การแก้ไขปัญหาลงานที่ได้จากน้ำมันเชื้อเพลิงสามารถอีกวิธีหนึ่งก็คือ การนำพลังงานไฟฟ้ามาทดแทนโดยได้ประโยชน์และข้อดีที่ได้จากพาหนะที่ใช้พลังงานไฟฟ้าก็คือ ในสภาวะที่หยุดนิ่งพาหนะแทบจะไม่ต้องใช้พลังงานเลย อีกทั้งความเร็วสำหรับพาหนะชนิดนี้จะเป็นปริมาณความเร็วที่ใช้พลังงานประหยัดและเพียงพอ แต่สำหรับการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง แม้ขณะการหยุดจอดตามสภาพจราจรก็ยังคงมีการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ภายในหรือการเผาไหม้น้ำมันอยู่ตลอดเวลา แม้ว่าจะอยู่สภาวะหยุดนิ่งก็ตามอีกทั้งพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานที่สามารถหาได้ง่าย และถูกกว่าน้ำมัน ในด้านของอายุการใช้งานพาหนะขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้าจะมีอายุการใช้งานที่มากกว่า เนื่องจากไม่เกิดการเผาไหม้ในตัวเครื่องจักรเหมือนน้ำมันเชื้อเพลิง ทำให้การบำรุงรักษานั้นทำได้ง่ายกว่า

1.2 จุดมุ่งหมายโครงการ

คณะผู้จัดทำได้สร้างรถเข็นไฟฟ้าขึ้นมาเพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้ป่วยและบุคคลทั่วไป โดยตัวรถเข็นไฟฟ้านี้จะใช้พลังงานไฟฟ้าที่มีประโยชน์และข้อดีมาทดแทนพลังงานน้ำมันซึ่งมีข้อเสียอยู่หลายประการ โดยผู้จัดทำได้ออกแบบรถเข็นไฟฟ้าอย่างเป็นระบบและมีขั้นตอนการทำงานที่เข้าใจง่ายให้สามารถใช้งานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.3 สมมุติฐานของการจัดทำโครงการ

เมื่อรถเข็นไฟฟ้านี้เสร็จสมบูรณ์แล้ว จะสามารถทดแทนการใช้พลังงานน้ำมันในการเดินทางระยะใกล้ ซึ่งพลังงานไฟฟ้าจะเป็นพลังงานที่สะอาด ประหยัด ปลอดภัย เพื่อที่ผู้ป่วยและบุคคลทั่วไปจะได้มีรถเข็นไฟฟ้า ที่มีคุณภาพและง่ายต่อการบำรุงรักษาไว้สำหรับใช้งาน

1.4 ขีดความสามารถของโครงการ

โครงการนี้มีขีดความสามารถดังนี้

1. มีระบบเบรคหยุดตัวรถแบบดรัมเบรค
2. สามารถเคลื่อนที่ได้ภายในบ้านและตัวอาคาร
3. ตัวรถสามารถรับน้ำหนักได้ประมาณ 60 กิโลกรัม
4. มีสัญญาณเตือนเมื่อตัวรถเคลื่อนที่ใกล้ที่จะชนกับสิ่งกีดขวาง
5. มีระบบขอความช่วยเหลือและตัดวงจรการทำงาน ของตัวรถเมื่อเกิดอุบัติเหตุเสียการทรงตัว
6. มีระบบป้องกันแรงดันแบตเตอรี่ขณะใช้งาน

1.5 ขั้นตอนของการทำโครงการ

โครงการนี้ประกอบด้วยฮาร์ดแวร์ซึ่งการทำงานในระยะเริ่มต้นจะทำฮาร์ดแวร์ คือการทำโครงรถ ส่วนประกอบต่างๆ หลังจากทำไประยะหนึ่งแล้วก็จะเริ่มทำวงจรควบคุมมอเตอร์โดยการทดลองวงจรที่ได้มา หลังจากทำการทดลองเรียบร้อยแล้วก็นำวงจรมาต่อจริงและทำการประกอบวงจรเข้ากับตัวรถ

1.6 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาในปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็นบทต่างๆ เพื่อสะดวกต่อการศึกษาและทำความเข้าใจ ซึ่งในแต่ละบทจะประกอบด้วยเนื้อหาต่อไปนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปฏิญานิพนธ์ ขีดความสามารถของโครงการ และเนื้อหาในบทต่างๆ โดยสังเขป

บทที่ 2 ประกอบด้วยทฤษฎีต่างๆ เกี่ยวกับ โครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง การทำงานของมอเตอร์ที่ควอดแรนต์ต่างๆ วิธีควบคุมความเร็วของมอเตอร์ องค์ประกอบของวงจรควบคุมมอเตอร์แบบคีนพลังงาน แบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรดและการประจุแบตเตอรี่รวมไปถึงระบบทางกลที่ใช้ในการขับเคลื่อนรถสามล้อมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 กล่าวถึงเนื้อหาเกี่ยวกับการคำนวณและการออกแบบโครงการ โครงสร้างส่วนประกอบต่างๆ การออกแบบวงจรควบคุมการทำงานและวงจรประจุแบตเตอรี่โดยละเอียด วงจรบอกแรงดันแบตเตอรี่ วงจรขอความช่วยเหลือ

บทที่ 4 ประกอบด้วยการทดลองและผลการทดลองของวงจรภาคควบคุมมอเตอร์ การทดสอบตัวรถ และความเร็วของรถสามล้อไฟฟ้าและการทดสอบระยะเวลาต่อการประจุแบตเตอรี่ใช้งานแต่ละครั้ง

บทที่ 5 เป็นการสรุปผลการจัดทำโครงการปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางแก้ไขรวมทั้งแนวทางการพัฒนา

ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ

ภาคผนวก ข วงจรและวงจรพิมพ์

ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์

ภาคผนวก ง รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์

ภาคผนวก จ คู่มือการใช้งาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 กล่าวนำ

สิ่งที่นำมาพิจารณาและศึกษาในส่วนต่างๆ เพื่อมาใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับการทำโครงการรถไฟฟ้าขับเคลื่อนด้วยดีซีมอเตอร์ โดยสามารถพิจารณาในเนื้อหาต่างๆ ได้ดังนี้

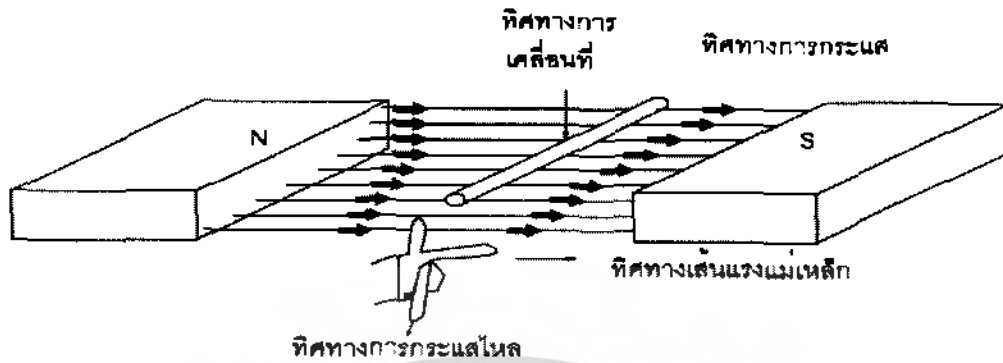
1. หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC MOTOR)
2. องค์ประกอบต่างๆ สำหรับการประจุและคายประจุ แบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรดซึ่งจะมีรายละเอียดพอสรุปได้ดังนี้
3. เซนเซอร์ชนิดใช้แสง (OPTICAL SENSOR)

2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

2.2.1 หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

เมื่อมีหมุนติดกับสนามแม่เหล็กจะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำในลวดตัวนำนั้น และทิศทางการไหลของกระแสในลวดตัวนำจะไหลในทิศทางที่ต้านการหมุนของขดลวดตัวนำนั้น

ถ้าทราบทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าก็จะพบความสัมพันธ์ดังนี้คือ ถ้าทราบทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็ก ทิศทางการไหลของกระแสตัวนำ จะทำให้ทราบทิศทางการหมุนของขดลวดตัวนำได้ การค้นพบนี้เรียกว่ากฎมือซ้ายของเฟลมมิง ความสัมพันธ์สามารถหาได้โดยการใช้มือซ้าย กางนิ้วหัวแม่มือ นิ้วชี้ และนิ้วกลางให้ตั้งฉากซึ่งกันและกัน ให้นิ้วหัวแม่มือชี้ทิศทางเคลื่อนที่ของตัวนำ นิ้วชี้ชี้ทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กและนิ้วกลางชี้ทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่ไหลในตัวนำดังรูปแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะเกิดขึ้นในทิศทางตรงกันข้ามกับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายจากภายนอกเข้าไปในลวดตัวนำ หรือเมื่อพิจารณาโดยใช้กฎมือขวาสำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และใช้กฎมือซ้ายสำหรับมอเตอร์แล้ว จะเห็นว่าแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นในลวดตัวนำจะมีทิศทางตรงข้ามกับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์ แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่าแรงดันไฟฟ้าต่อต้านหรือแรงดันไฟฟ้าต้านกลับ (Counter e.m.f. or back e.m.f.) ใช้สัญลักษณ์ E_b ซึ่งมันจะเกิดขึ้นในลวดอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์เสมอ



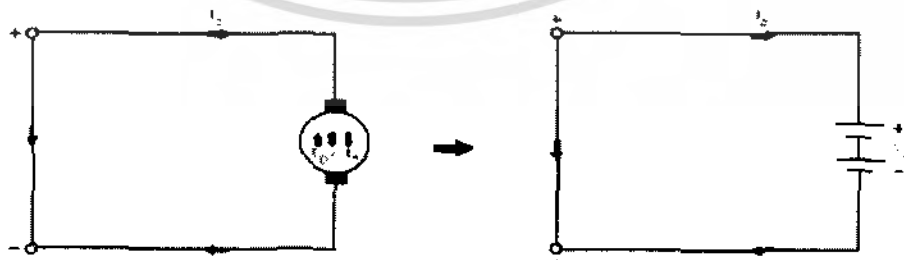
รูปที่ 2.1 กฎมือซ้ายของเฟลมมิ่ง

ดังนั้นแรงดันไฟฟ้าที่มีผลต่อการใช้งานจริงในอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์จึงมีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้ไหลด้วยแรงดันไฟฟ้าต้านกลับ เขียนเป็นสมการได้คือ

$$E_b = V - I_a R_a \tag{2.1}$$

- เมื่อ E_b = แรงดันไฟฟ้าต้านกลับ
- V = แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์
- I_a = กระแสที่ไหลในอาร์เมเจอร์
- R_a = ความต้านทานขดลวดอาร์เมเจอร์

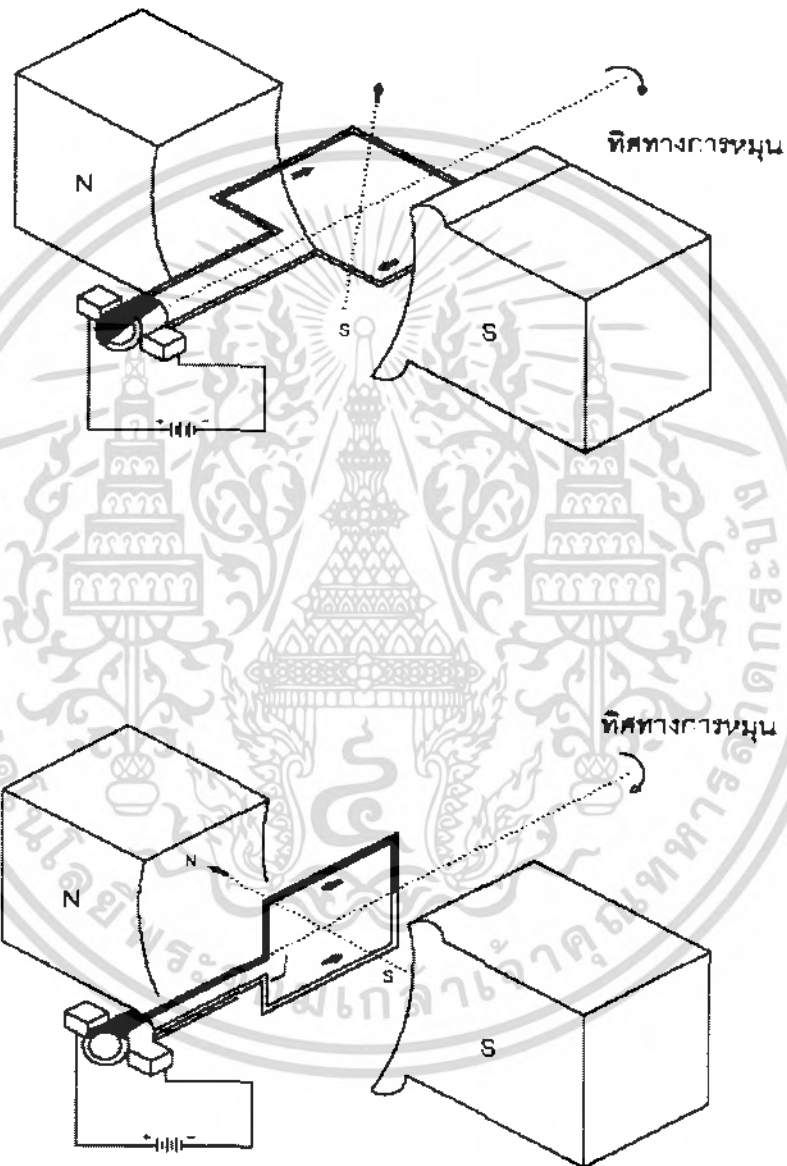
ค่าแรงดันไฟฟ้าต้านกลับนี้จะมีค่าไม่เท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์ แรงดันไฟฟ้าต้านกลับที่เกิดขึ้นสามารถเขียนเปรียบเทียบได้เหมือนกับในอาร์เมเจURNั้นมีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงซ่อนอยู่ และจ่ายไฟออกมาตรงกันข้ามกับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายเข้าไปดังรูป



รูปที่ 2.2 วงจรเทียบเคียงแรงดันไฟฟ้าต้านกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

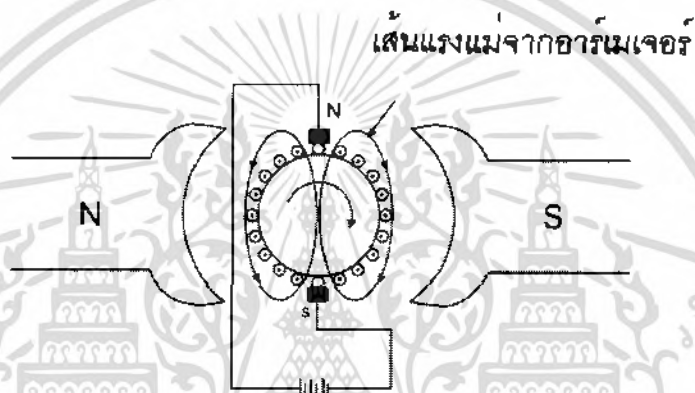
จากรูป เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่าย ซึ่งประกอบด้วยขดลวดที่วางอยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็ก โดยปลายของขดลวดทั้งสองต่อเข้ากับคอมมิวเตเตอร์แต่ละซี่ ซึ่งจะมีแปรงถ่านต่อไว้และแปรงถ่านทั้งสองต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากภายนอก



รูปที่ 2.3 แสดงมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ถ้าอาร์เมเจอร์ที่ใช้ขดลวดหลายชุด แต่ละชุดก็จะเกิดปฏิกิริยาเช่นเดียวกันกับขดลวด 1 ชุด ในขณะที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กซึ่งจะมีขั้วดังแสดงในรูป ขั้วเหนือของสนามแม่เหล็กที่ขดลวดอาร์เมเจอร์จะดูดเข้าหาขั้วใต้ของขั้วแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กหลัก แรงดึงดูดกันนี้ทำให้มีแรงผลักหมุนที่อาร์เมเจอร์ ทำให้หมุนไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกา เกิดแรงบิดที่สม่ำเสมอราบเรียบไม่กระตุกเพราะมีขดลวดหลายๆ ชุดที่อยู่ติดกับผลัดกันทำงานทีละชุดตามลำดับ การที่มีขดลวดหลายๆ ชุดเช่นนี้จึงทำให้เกิดสนามแม่เหล็กพัทธ์ที่อาร์เมเจอร์ขึ้นค่าหนึ่ง ซึ่งเปรียบเสมือนว่ามีค่าคงที่ หรือสนามแม่เหล็กที่อาร์เมเจอร์จะอยู่ในตำแหน่งที่คงที่ในขณะที่อาร์เมเจอร์กำลังหมุนอยู่



รูปที่ 2.4 การเกิดสนามแม่เหล็กที่ขดลวดอาร์เมเจอร์

แรงที่กระทำบนขดลวดตัวนำต่อหนึ่งชุดในขณะที่มีกระแสไหลผ่านตัวนำนั้นจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนกระแสที่ไหล ความเข้มของสนามแม่เหล็กและความยาวของตัวนำในส่วนที่ตัดผ่านสนามแม่เหล็กแรงที่เกิดขึ้นนี้ใช้สัญลักษณ์ F ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$F = ILB \quad (2.3)$$

เมื่อ	F	=	แรงที่กระทำที่ขดลวดตัวนำมีหน่วยเป็นนิวตัน
	E	=	ความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กมีหน่วยเป็นเวเบอร์ต่อตารางเมตร
	L	=	ความยาวของตัวนำในส่วนที่ผ่านสนามแม่เหล็กมีหน่วยเป็นเมตร
	I	=	กระแสที่ไหลในขดลวดตัวนำมีหน่วยเป็นแอมแปร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการจะเห็นว่า ถ้าสนามแม่เหล็กมีค่าคงที่ และความยาวของขดลวดตัวนำมีค่าคงที่ แรงผลักหรือแรงที่กระทำก็จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดลวดตัวนำอย่างเดียวแรงบิด (TORQUE) แรงบิดที่เกิดขึ้นนี้ใช้สัญลักษณ์ T

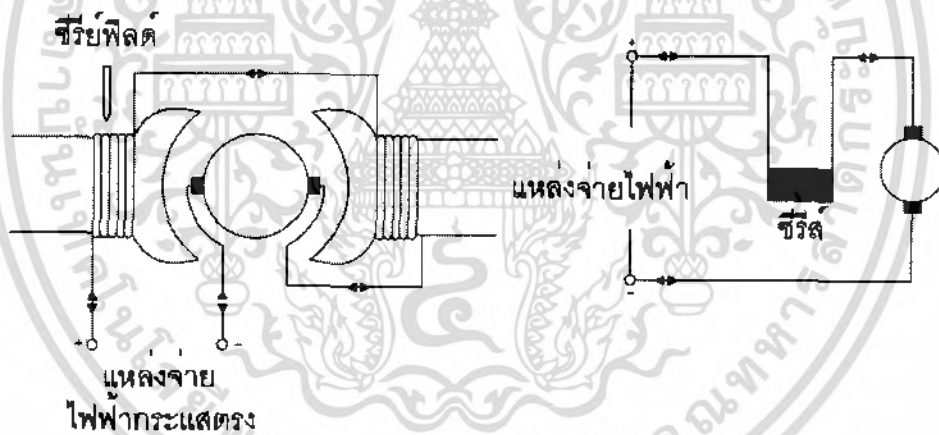
$$T = F \times R \quad (2.4)$$

เมื่อ T = แรงบิดที่เกิดขึ้นมีหน่วยวัดเป็นนิวตันเมตร
 R = ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของเพลากับตัวนำมีหน่วยวัดเป็นเมตร

2.2.2 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

1. ซีรีส์มอเตอร์

ซีรีส์มอเตอร์ เป็นมอเตอร์ที่มีขดลวดสนามแม่เหล็กพันด้วยลวดเส้นใหญ่ เรียกว่าขดซีรีส์ฟิลด์และต่ออนุกรมเข้ากับอาร์เมเจอร์ดังรูป ขดซีรีส์ฟิลด์จะมีความต้านทานต่ำ

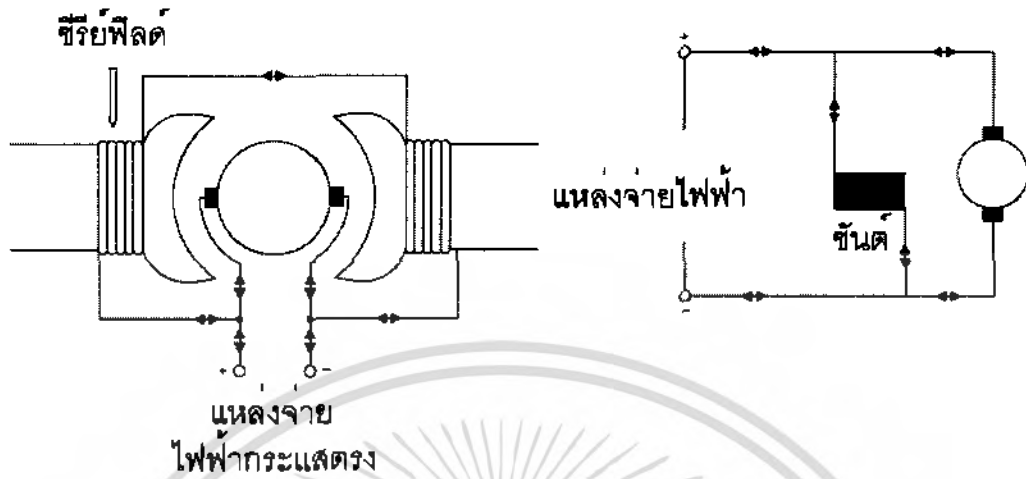


รูปที่ 2.5 ซีรีส์มอเตอร์

2. ชันต์มอเตอร์

ชันต์มอเตอร์ เป็นมอเตอร์ที่มีขดลวดสนามแม่เหล็กพันด้วยลวดเส้นเล็ก เรียกว่า ขดชันต์ฟิลด์ ขดลวดนี้ต่อขนานอยู่กับอาร์เมเจอร์ดังรูป ขดชันต์ฟิลด์จะมีความต้านทานสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 ชันต์มอเตอร์

3. คอมพิวเตอร์มอเตอร์

คอมพิวเตอร์มอเตอร์ เป็นมอเตอร์ที่มีขดลวดสนามแม่เหล็ก 2 ชุดพันอยู่บนขั้วแม่เหล็กอันเดียวกันโดยชุดแรกคือชุดชันต์ฟิลต์ซึ่งจะพันไว้ด้านในสุดของขั้วแม่เหล็ก ส่วนชุดที่สองคือชุดซีรีฟิลต์จะพันไว้ด้านนอกเป็นลวดเส้นใหญ่และมีจำนวนรอบเพียงเล็กน้อย

คุณลักษณะและการนำไปใช้งานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

1. มอเตอร์ชนิดนี้ขณะได้รับโหลดมากๆ มอเตอร์จะหมุนช้า แต่ในขณะที่มีโหลดน้อย ๆ ความเร็วของมอเตอร์จะสูงๆ แต่ถ้าไม่มีโหลดเลยมอเตอร์จะมีความเร็วสูงมากจนเกิดเป็นอันตราย เพราะในขณะที่มีโหลดน้อยหรือไม่มีโหลดเลยกระแสจะไหลผ่านขดซีรีฟิลต์น้อยมาก ดังนั้นซีรีฟิลต์มอเตอร์จึงต้องต่ออยู่กับโหลดเสมอ และห้ามใช้งานโดยไม่มีโหลด ซีรีฟิลต์มอเตอร์จะต้องไม่นำไปต่อกับชุดสายพานใดๆ เลยเพราะบางครั้งอาจพลั้งเผลอปลดเอาสายพานออกไปโดยไม่ได้ตั้งใจมอเตอร์ก็จะมีความเร็วสูงมาก และมอเตอร์อาจจะชำรุดเสียหายได้ ซีรีฟิลต์มอเตอร์จะใช้กับเครื่องที่ต้องใช้แรงบิดสูง

2. ชันต์มอเตอร์

ชันต์มอเตอร์ เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับมอเตอร์คงที่ จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กคงที่ ในขณะที่ไม่มีโหลดมอเตอร์จะใช้กระแสเพียงเล็กน้อยเพื่อเอาชนะความฝืด แต่เมื่อมอเตอร์มีโหลดกระแสในอาร์เมเจอร์จะสูงขึ้น แต่ความเร็วจะลดลงเล็กน้อย กระแสในอาร์เมเจอร์จะเปลี่ยนแปลงตามโหลดคือ โหลดมากกระแสจะสูง ถ้าลดโหลดลงกระแสจะลดลงซึ่งหาได้จากสมการคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$E_b = V - I_a R_a \quad (2.5)$$

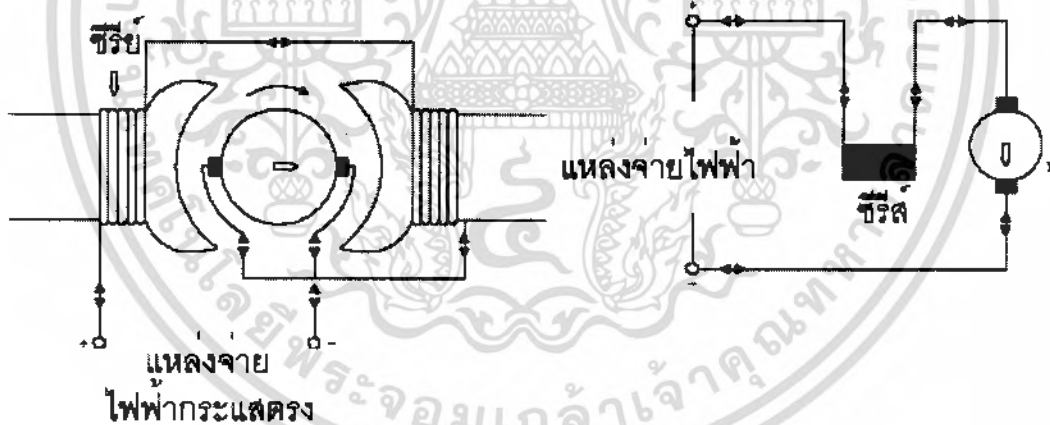
$$I_a = [V - E_b] / R_a \quad (2.6)$$

2.2.3 วิธีกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นขึ้นอยู่กับทิศทางของสนามแม่เหล็กที่ขดลวดฟิลด์คอยล์และทิศทางของกระแสที่ไหลในอาร์เมเจอร์ ในขณะที่มีกระแสไหลผ่านตัวนำจะทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กขึ้นรอบๆ ตัวนำนั้น

โดยปกติแล้วมอเตอร์จะต้องหมุนในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง แต่ด้วยเห็นบางประการจำเป็นต้องกลับทิศทางการหมุนบ้างเป็นครั้งคราวและสามารถทำได้ง่ายๆ ก็โดยการกลับขั้วต่อของอาร์เมเจอร์หรือขั้วของขดลวดฟิลด์คอยล์เพียงอย่างเดียวอย่างใดอย่างหนึ่ง

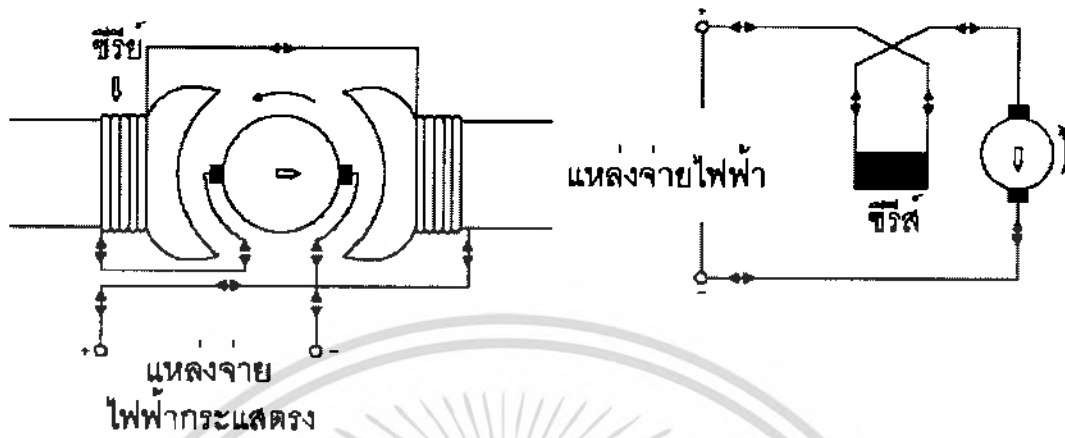
การกลับทิศทางการหมุนของซีรึ่มอเตอร์โดยการกลับทิศทางการไหลของกระแสที่ไหลในอาร์เมเจอร์แสดงดังรูป ส่วนการกลับทิศทางการหมุนโดยการกลับทิศทางการไหลของกระแสในขดลวดฟิลด์คอยล์แสดงดังรูป



ก. หมุนตามเข็มนาฬิกา

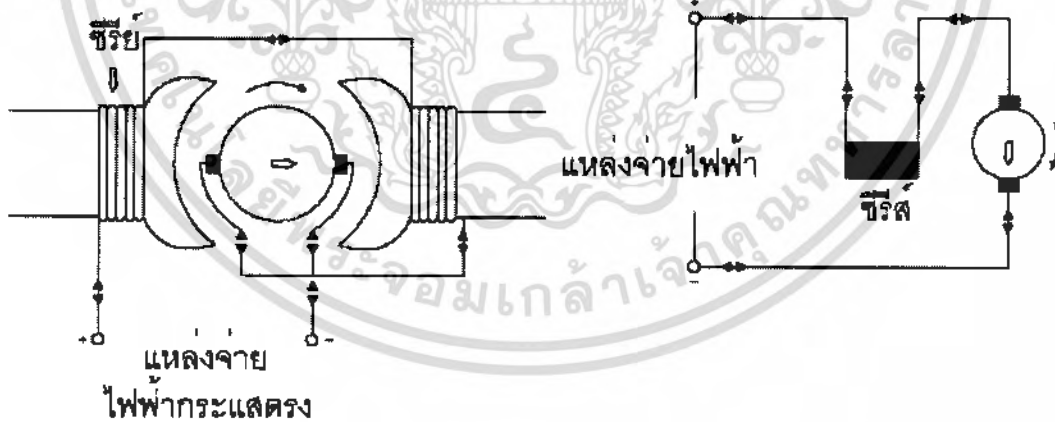
รูปที่ 2.7 แสดงการกลับทิศทางการหมุนของซีรึ่มอเตอร์โดยการกลับทิศทางการไหลของกระแสในอาร์เมเจอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ข. หมุนทวนเข็มนาฬิกา

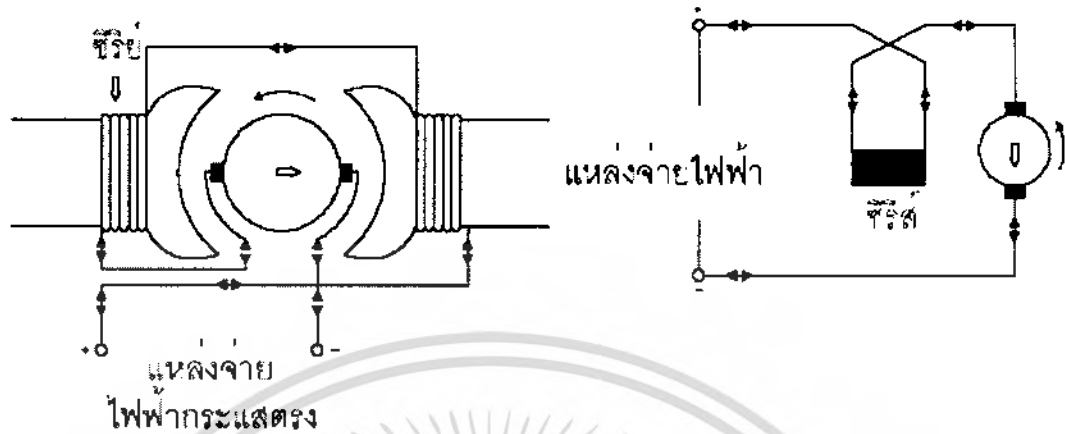
รูปที่(ต่อ) 2.7 แสดงการกลับทิศทางการหมุนของขั้วขั้วมอเตอร์โดยการกลับทิศทางการไหลของกระแสในอาร์เมเจอร์



ก. หมุนตามเข็มนาฬิกา

รูปที่ 2.8 แสดงการกลับทิศทางการหมุนของขั้วขั้วมอเตอร์โดยการกลับทิศทางการไหลของกระแสในขดลวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ข. หมุนทวนเข็มนาฬิกา

รูปที่ 2.8(ต่อ) แสดงการกลับทิศทางการหมุนของซิงโครมอเตอร์โดยการกลับทิศทางการไหลของกระแสในขดลวด

2.2.4 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับแรงดันไฟฟ้าต้านกลับ และเป็นสัดส่วนกลับกับเส้นแรงแม่เหล็ก

จาก

$$N = K / E$$

(2.7)

2.3 ประสิทธิภาพของมอเตอร์

การเปลี่ยนกำลังงานไฟฟ้าให้เป็นกำลังงานกลเพื่อให้หมุนขั้วงานของมอเตอร์นั้น ต้องสูญเสียกำลังไฟฟ้าไปส่วนหนึ่งทำให้กำลังกล (กำลังจ่ายออกหรือกำลังหมุนกลับที่แกนมอเตอร์ : Output) น้อยกว่ากำลังไฟฟ้า (กำลังรับเข้า: Input) อัตราส่วนระหว่างกำลังกลกับกำลังไฟฟ้าเรียกว่า (Efficiency) ดังนั้น ประสิทธิภาพของมอเตอร์ก็คือ สมรรถนะในการทำงานของมอเตอร์นั้นเองหาได้จาก

$$\eta = P_2 \bullet 100 / P_1 \quad (2.8)$$

ให้	η	= ประสิทธิภาพ
	P_1	= กำลังไฟฟ้า (กำลังรับเข้า: Input Power)
	P_2	= กำลังกล (กำลังจ่ายออกหรือกำลังหมุนกลับที่แกนมอเตอร์: Output Power)
	ΔP	= กำลังสูญเสียระหว่างการเปลี่ยนรูปกำลังจากกำลังไฟฟ้าเป็นพลังงานกล

2.4 แบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด

แบตเตอรี่ชนิดนี้นับได้ว่าเป็นแบตเตอรี่ที่ได้มีการใช้งานกันอย่างกว้างขวางไม่เฉพาะแต่ที่ใช้กันในรถยนต์เท่านั้น แต่ได้มีการใช้งานกันในลักษณะที่แตกต่างกันออกไปเช่น ใช้เป็นแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าสำรองให้กับห้องทดลอง หรือเป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้กับชุดสกรูมอเตอร์ เป็นต้น

2.4.1 การจำแนกประเภทของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด

แบตเตอรี่ได้ถูกออกแบบมามากมาย หลายประเภท เพื่อที่จะทำให้แบตเตอรี่สามารถทำงานได้ภายใต้เงื่อนไขต่างๆ ที่ถูกกำหนดไว้และทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด การที่จะเลือกใช้แบตเตอรี่ชนิดใดนั้น ควรที่จะพิจารณาถึงความเหมาะสม และลักษณะสมบัติต่างๆ กันของแบตเตอรี่ชนิดนั้นๆ ซึ่งจะมีหลายสิ่งหลายอย่างที่สุดคือกันอยู่ เช่นอายุของแบตเตอรี่เอาท์พุทต่ำสุดต่อหน่วย น้ำหนัก หรือปริมาตร และสิ่งสำคัญที่สุดคือ จะต้องมียกจ่ายในขณะทำงานต่ำ

เราสามารถแบ่งประเภทของแบตเตอรี่ได้เป็น 2 ชนิดตามการใช้งานซึ่งแบตเตอรี่ที่ทำงานในสถานที่ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปเรื่อยๆ ไม่ว่าจะถูกเคลื่อนย้ายโดยมีมนุษย์หรือเป็นอุปกรณ์ส่วนหนึ่งของยานพาหนะ เราเรียกแบตเตอรี่ชนิดนี้ว่า พอร์ทเทเบิลแบตเตอรี่ (Portable Batteries) และอีกชนิดหนึ่งนั้นเป็นประเภทที่ตั้งอยู่ในสถานที่ ที่เป็นหลักแหล่งแน่นอนและจะอยู่ต่อไปเช่นนั้นตลอด อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ ซึ่งเราเรียกแบตเตอรี่ชนิดนี้ว่า สเตชันนารีแบตเตอรี่ (Stationary Batteries)

2.4.2 คุณสมบัติโดยทั่วไปของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด

1. ความจุของแบตเตอรี่

ความจุที่มีอยู่ในเซลล์หรือแบตเตอรี่ สามารถแสดงให้เห็นเป็นแอมแปร์-ชั่วโมง (Ampere - Hours) หรือวัตต์-ชั่วโมง (Watt - Hours)

แบตเตอรี่ที่มีความจุ 100 Ah ที่ 10 ชั่วโมง หมายความว่า จะสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ 10 แอมป์ ภายในเวลา 10 ชั่วโมง แบตเตอรี่จะจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้ต่ำกว่า 100 Ah ในขณะที่พิกัดการคายประจุเกิน 10 แอมป์ ในขณะที่มีพิกัดของภาระต่ำกว่า 10 แอมป์ แบตเตอรี่จะจ่ายพลังงานได้มากกว่า 100 Ah

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติแอมแปร์-ชั่วโมง (Ampere - Hours) หรือ วัตต์-ชั่วโมง (Watt - Hours) ของแบตเตอรี่ชนิดต่าง ๆ

ชนิดของแบตเตอรี่	อัตราความจุ	อุณหภูมิ	แรงดันสูงสุด
	hr	C°	V
- ตะกั่วกรด	20	25	1.75
- ใช้ขับเคลื่อนรถยนต์	5	77	1.73
- ใช้ลากจูง	5	15.6	1.70
- ใช้กับรถไฟ	10	80	1.85

ในการระบุความจุของแบตเตอรี่จำเป็นต้องกำหนดถึงพิกัดเวลาในการคายประจุ ตัวอย่าง แบตเตอรี่ชนิดเฮฟวีเพลทแพลนเนต (Heavy Plate Planate) มีความจุ 100 Ah ที่ 10 ชั่วโมง จะมีความจุ 50Ah เท่านั้น ความจุของแบตเตอรี่จะเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิและแรงดันไฟฟ้าสุดท้าย (Final Voltage) โดยค่าต่างๆ เหล่านี้จะถูกกำหนดมา สำหรับแบตเตอรี่ 100 Ah ความจุของมันจะเกี่ยวเนื่องกับเวลา 10 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 15.6 องศาเซลเซียส และมีแรงดันไฟฟ้าสุดท้ายเป็น 1.85 โวลต์ ต่อเซลล์ เราสามารถเขียนได้เป็น 100 Ah/10 hr./1.85V.p.c./15.6 C แบตเตอรี่ที่ใช้ในรถยนต์ที่มีความจุ 100 Ah จะเกี่ยวเนื่องกับเวลา 5 ชั่วโมง ที่ 27 องศาเซลเซียส และแรงดันสุดท้ายเป็น 1.7 โวลต์ ต่อเซลล์ (100 Ah/20 hr./1.75 V.p.c./25 °C) แทรกชั้นแบตเตอรี่ขนาดความจุ 100 Ah จะเกี่ยวเนื่องกับเวลา 5 ชั่วโมง ที่ 27 องศาเซลเซียส และแรงดันไฟฟ้าสุดท้ายเป็น 1.7 โวลต์ต่อเซลล์ (100Ah/5 hr./1.7 V.p.c./27 °C) ในตารางที่ 2.1 ซึ่งในแต่ละประเทศจะถูกกำหนดเป็นพื้นฐานสำหรับความจุ อุณหภูมิและแรงดันไฟฟ้าสุดท้าย จะเปลี่ยนไปตามชนิดของแบตเตอรี่

2. ความจุวัตต์ - ชั่วโมง (Watt - Hour Capacity)

เมื่อได้คายประจุที่พิกัดพื้นฐานที่แสดงไว้ในตารางแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด เมื่อมีการคายประจุจะมีแรงดันไฟฟ้าเริ่มต้นที่ 2.0 โวลต์ ต่อเซลล์ และแบตเตอรี่ชนิดอัลคาไลน์จะมีแรงดันไฟฟ้าเริ่มต้นที่ 1.35 โวลต์ ค่าแรงดันไฟฟ้าในการคายประจุตลอดเวลาจะมีค่าเริ่มต้นไปจนถึงค่าสุดท้าย แรงดันไฟฟ้าสุดท้ายเป็นตัวแปรหลายๆ ต่อแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย เซลล์แพลนเนท (Planate) ที่ 10 ชั่วโมง และแรงดันไฟฟ้าสุดท้าย 1.85 โวลต์ ในการคายประจุจะมีแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยสูงกว่าแทรกชั้นแบตเตอรี่ที่มีแรงดันไฟฟ้าสุดท้ายเป็น 1.70 โวลต์

ค่าความจุวัตต์ - ชั่วโมง (Watt - Hour) ของแบตเตอรี่จะประกอบไปด้วยค่าเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้าในการคายประจุ และค่าความแอมแปร์ - ชั่วโมง

3. เปอร์เซ็นต์ความจุและกราฟของเวลา

ความจุของแบตเตอรี่ ชนิดตะกั่วกรด เปลี่ยนแปลงไปกับพิกัดของการคายประจุ และความจุ เท่าที่จะหาได้จากแบตเตอรี่ ค่าของแอมแปร์-ชั่วโมง หรือวัตต์-ชั่วโมง เป็นค่าที่มากที่สุดในพิกัดการคายประจุต่ำที่สุด และมีค่าน้อย เมื่อมีพิกัดการคายประจุที่สูง

ความสัมพันธ์ระหว่างความจุและเวลาในการคายประจุ แสดงในรูปที่ 2.22 สำหรับแบตเตอรี่ชนิด เพลนเน็ต, แทรกชั้น, รถยนต์ จากการอ่านค่าจากกราฟนั้น มีความเป็นไปได้ในการประมาณค่าความจุ ในแต่ละชนิดของแบตเตอรี่ ที่ค่าต่างๆ เปลี่ยนไปในการคายประจุ

การลดลงของความจุที่การคายประจุสูงๆ นั้นเป็นผลจากการสร้างตะกั่วซัลเฟตอย่างรวดเร็วที่พื้นผิวของแผ่นเพลท เกิดการกัดขวางรูของแผ่นเพลทกรดจะถูกหน่วงและกัดขวางชั้นสุดท้ายที่จะเข้าไปทำปฏิกิริยา ซัลเฟต ที่ถูกสร้างอย่างรวดเร็วนี้จะไปเพิ่มความต้านทานภายในแบตเตอรี่ ส่งผลให้แรงดันที่ขั้วของแบตเตอรี่ลดลง

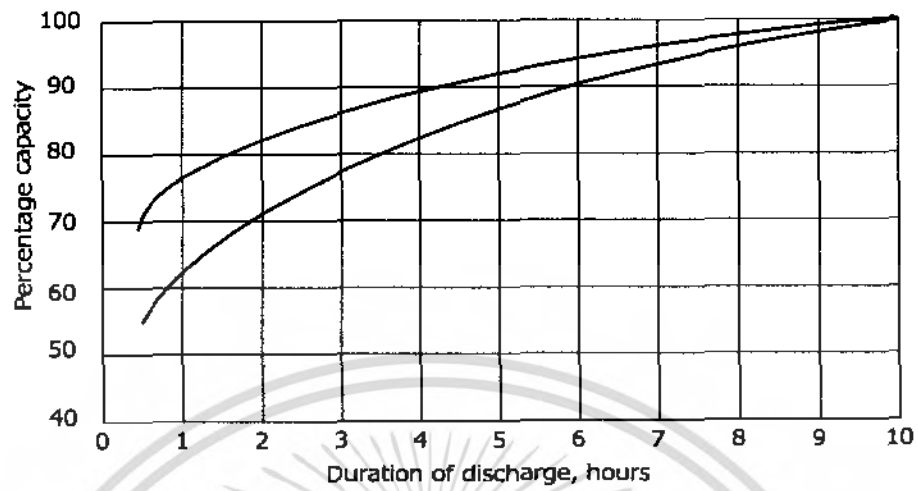
สำหรับพิกัดในการคายประจุอย่างช้า ๆ การแพร่ของกรดไปยังรูต่างๆ ทำให้การทำปฏิกิริยาเป็นไปอย่างช้าๆ ทำให้ซัลเฟต ไม่เกาะที่พื้นผิวของแผ่นเพลทอย่างรวดเร็วเกินไป มีแผ่นปฏิกิริยาหลายอย่างที่ง่ายต่อการเปลี่ยนไปเป็น ตะกั่วซัลเฟต แรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่จะมีค่าคงที่สำหรับงานที่มีความยาวมาก

ตารางที่ 2.2 เปอร์เซ็นต์ความจุของแบตเตอรี่ชนิดต่าง ๆ

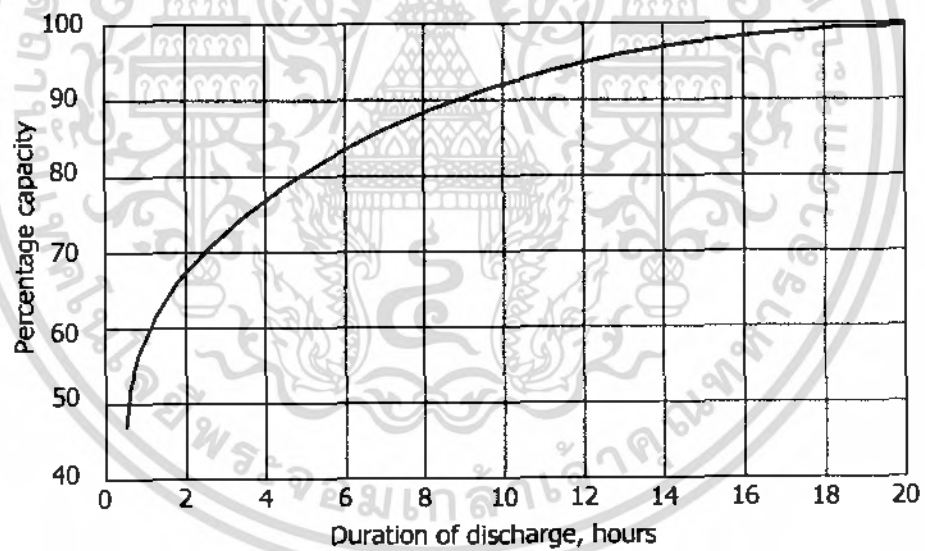
ความจุ	ชนิดแพลนเน็ต	ชนิดใช้ขับเคลื่อน	ชนิดใช้ลากจูง
ทั่วไป	100% (10hr)	100% (20 hr)	100% (5 hr)
10-hr	100%	89%	111%
5-hr	83-88%	78%	100%
3-hr	72-79%	70%	89%

อย่างไรก็ตามแบตเตอรี่สามารถคายประจุได้ที่กระแสสูงๆ ถึงจุดๆ หนึ่ง ทำให้แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่จะลดลงอย่างรวดเร็ว ต้องทำการเปิดวงจรแรงดันไฟฟ้าจะกลับมามีค่าเดิม และความสามารถในการจ่ายกระแสไฟฟ้ากลับคืนมาซึ่งปรากฏการณ์เช่นนี้ถูกเรียกว่า ความจุกลับคืนมา (Recuperative Capacity)

เมื่อได้ทำการคายประจุที่กระแสไฟฟ้าสูงๆ แล้ว ถึงจุดพักหลาย แบตเตอรี่จะได้รับความจุ กลับคืนมา ถ้าจ่ายกระแสไฟฟ้าลดลง



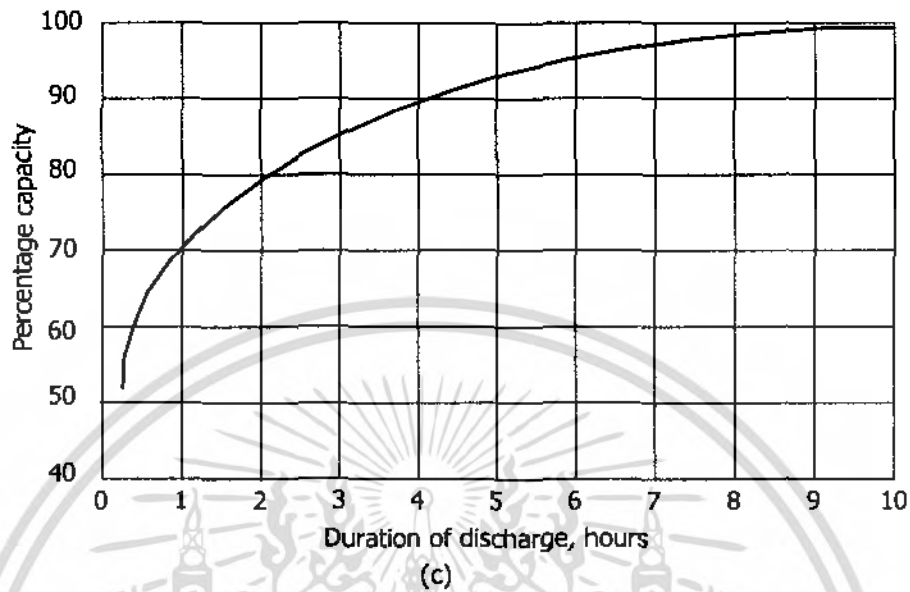
(a)



(b)

รูปที่ 2.9 ความจุแอมแปร์-ชั่วโมง และกราฟของเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



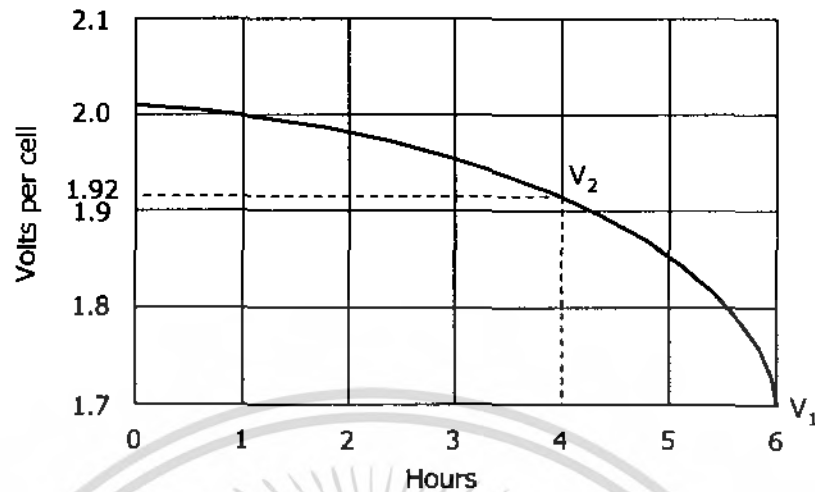
รูปที่ 2.9(ต่อ) ความจุแอมแปร์-ชั่วโมง และกราฟของเวลา

2.4.3 ตัวประกอบที่มีผลต่อความจุของแบตเตอรี่

มีหลายๆ องค์ประกอบที่มีผลต่อความจุของแบตเตอรี่ ชนิดตะกั่วกรดแต่ที่สำคัญๆ มีดังนี้

1 แรงดันไฟฟ้าสุดท้าย

ควรพิจารณาผลที่เกิดจากการคายประจุ บนความจุเท่าที่ทำได้ของแบตเตอรี่ความจุนั้นสัมพันธ์กับแรงดันไฟฟ้าสุดท้ายที่ถูกจำกัดไว้เมื่อแรงดันไฟฟ้าสุดท้ายมีค่าสูงขึ้นจะทำให้ความจุนั้นต่ำลงสามารถจำลองชนิดของการทำงาน คือแบตเตอรี่ 24 เซลล์ สามารถจ่ายพลังงานต่ำที่สุดที่จะทำงานได้คือ 46 โวลต์ หรือ 1.92 โวลต์ ต่อเซลล์กระแสไฟฟ้าจะสามารถเขียนได้จากการจ่ายภาวะสูงสุดของแบตเตอรี่ อาจจะเทียบเคียงจากพิกัด 6 ชั่วโมง ถึงแรงดันไฟฟ้าสุดท้ายมาตรฐานเป็น 1.71 โวลต์ ต่อเซลล์ แต่เมื่อแรงดันไฟฟ้าที่ทำงานพอจะยอมรับได้ว่า มีค่า 1.92 โวลต์ ต่อเซลล์แบตเตอรี่จะสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้เพียง 4 ชั่วโมง เท่านั้น



รูปที่ 2.10 ผลของแรงดันสุดท้ายต่อเอาท์พุทของเซลล์ เมื่อโหลดเท่ากับ 6 ชั่วโมง

แรงดันไฟฟ้าสุดท้าย จะถูกกำหนดเป็นส่วนๆ โดยอาศัยธรรมชาติของการทำงาน ซึ่งคุณสมบัติของแบตเตอรี่จะถูกกำหนด โดยคุณสมบัติแรงดันไฟฟ้าในการคายประจุของแบตเตอรี่ ภาวะที่เป็นแสงสว่างจะทำให้แรงดันไฟฟ้ามีค่าที่สูง แต่ถ้าภาวะในการเริ่มต้นมอเตอร์ที่มีภาระหนักๆ จะเกิดความต้องการพลังงานที่ได้จากแบตเตอรี่ค่อนข้างมาก การใช้กระแสไฟฟ้าสูงๆ ที่แรงดันไฟฟ้าต่ำๆ ทำให้แรงดันไฟฟ้าสุดท้ายต่ำกว่าคุณสมบัติในการคายประจุของแบตเตอรี่จะเป็นตัวกำหนดแรงดันไฟฟ้าสุดท้าย แรงดันไฟฟ้าจะตกลงอย่างคงที่สม่ำเสมอ 0.3 โวลต์ต่อเซลล์ จากแรงดันไฟฟ้าเริ่มต้น แรงดันไฟฟ้าของเซลล์จะตกลงเป็นค่าที่ชันมากจนเกินจุดสุดท้ายซึ่งมีชื่อว่า นี (Knee) ของกราฟแรงดันไฟฟ้า เมื่อทำการคายประจุอย่างต่อเนื่องเกินกว่า นี ก็จะไม่ผลิตรายการ-วาย (Worth-While) เพิ่มขึ้นในวาริเอเบิลคาปาซิเตอร์ (Variable Capacitor) เพราะว่าแรงดันไฟฟ้าเกิดการพังทลายทันที

2 อุณหภูมิ

อุณหภูมิปกติของแบตเตอรี่ทั่วๆ ไปจะอยู่ระหว่าง 15.6 องศาเซลเซียส ถึง 27 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของแบตเตอรี่จะลดลงอย่างชั่วคราว ตามแรงดันไฟฟ้าในการคายประจุความจุ และแรงดันไฟฟ้าจะกลับคืนถึงอุณหภูมิปกติ เมื่อปราศจากการประจุ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้ความจุมีค่าสูงขึ้นด้วย

อุณหภูมิจะส่งผลทำให้เกิดปฏิกิริยาระหว่าง ความต้านทานของอิเล็กโทรดและวิสคอสซิตี (Viscosity) โดยปฏิกิริยาทั้งสองของอิเล็กโทรดจะเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิต่ำๆ โดยเฉพาะที่ต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส การแพร่หรือการไหลเวียนของอิเล็กโทรดภายในของแผ่นปฏิกิริยา จะส่งผลทำให้วิสคอสซิตี (Viscosity) และความต้านทานลดลงและความจุของแบตเตอรี่จะมีค่าสูงขึ้นที่อุณหภูมิสูงๆ

ในการเปลี่ยนแปลงความจุของแบตเตอรี่ก่อให้เกิดผลในวิสกอสซิตีและความต้านทานของอิเล็กโทรดอย่างเห็นได้ชัดที่พิกัดการคายประจุสูงๆ

3 จำนวนของแผ่นปฏิกิริยา

พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการปล่อยให้แบตเตอรี่คายประจุออกมา เกิดจากปฏิกิริยาทางไฟฟ้าเคมีระหว่างอิเล็กโทรไลต์และแผ่นปฏิกิริยา ของตะกั่วออกไซด์ตะกั่วที่เป็นโพรง ความจุของแบตเตอรี่จะมีค่ามากขึ้น ถ้าจำนวนของแผ่นปฏิกิริยามีจำนวนมาก

ความสัมพันธ์ตามเหตุผลระหว่างน้ำหนักของแผ่นปฏิกิริยาพลังงานด้านเอาท์พุท ในหน่วยของแอมแปร์ - ชั่วโมง ที่เก็บสะสมไว้ สามารถคำนวณได้โดยสูตรของฟาราเดย์ในเรื่องของไฟฟ้าเคมี

ตามหลักการแล้วแผ่นปฏิกิริยาสำหรับ 1 Ah ต้องประกอบด้วย ตะกั่วออกไซด์ 4.4 กรัม กับตะกั่ว 3.87 กรัม ความต้องการใน 3 ถึง 5 ชั่วโมงจะขึ้นอยู่กับ ชนิดของเซลล์และจำนวนของแผ่นเพลท

4 การออกแบบของเซลล์

การให้เพิ่มน้ำหนักของแผ่นปฏิกิริยา เพื่อให้เซลล์สามารถจ่ายกระแสได้สูงนั้นเป็นปัจจัยที่ทำให้อิเล็กโทรไลต์เข้าไปในแผ่นปฏิกิริยาจะเป็นผลสำเร็จนั้น จะต้องใช้แผ่นเพลทขนาดบางๆ จำนวนมากกับอัตราส่วนของน้ำหนักแผ่นปฏิกิริยากับกริดมีค่าสูง และต้องอาศัยการบำรุงรักษาแผ่นกริดให้แข็งแรงเพียงพอ ที่จะเป็นตัวนำที่ดีและเก็บพาสต์ (Paste) น้ำหนักของแผ่นปฏิกิริยาจะถูกกระจายไปยังบางส่วนของแผ่นเพลทบางๆ ที่บรรจุในพาสต์ (Paste) ที่หนาแน่นหรือ แข็งซึ่งผลที่ได้จะทำให้ความจุของเซลล์ลดต่ำลง แผ่นเพลทของแผ่นตัวทำปฏิกิริยาที่เป็นรูๆ จะสามารถผลิตเอาท์พุทได้มากกว่าแผ่นเพลทของแผ่นตัวทำปฏิกิริยาที่หนาแน่นและแข็ง โดยดูจากรายละเอียดในการคายประจุที่ค่าพิกัดสูงๆ การเพิ่มขึ้นของจำนวนคาร์บอนเล็กๆ เบอร์เลียม ซัลเฟต โครงสร้างอื่นๆ จะขยายการผสมของพาสต์ (Paste) ได้รวดเร็วยิ่งขึ้นในการเจาะแผ่นเพลทเป็นรูๆ

สำหรับงานที่มีรอบการทำงานคือ มีการประจุและคายประจุอย่างสม่ำเสมอ จะใช้แผ่นเพลทที่มีจำนวนรูค่อนข้างมากแต่จะทำให้การนำกระแสไฟฟ้ามีอายุการใช้งานสั้น เพราะแผ่นปฏิกิริยาจะกร่อนก่อนกำหนด รูของแผ่นเพลทจะตันในระหว่างการคายประจุปกติเนื่องจากการก่อตัวของตะกั่วซัลเฟตเพราะว่าตะกั่วซัลเฟตจะเข้าไปอุดช่องหรือรูของแผ่นปฏิกิริยาที่มีอยู่แล้ว อย่างไรก็ตาม ปฏิกิริยาของซัลเฟตเกิดขึ้นอย่างมากมาย เนื่องจากว่าเซลล์ได้ถูกการคายประจุที่มากเกินไปหรือการประจุที่กระแสต่ำเกินไปบ่อยๆ หรือซัลเฟตได้ขยายตัวจนกลบรูของแผ่นเพลท สำหรับการคายประจุที่มีคาบเวลายาวนาน ถ้าไม่มีการรักษาการรั่วไหลของความจุในเซลล์หรือการประจุที่ผิดเงื่อนไข จะทำให้มีความดันเกิดขึ้นที่แผ่นปฏิกิริยา ซึ่งผลให้เกิดรอยแตกขึ้นที่กริด หรือแผ่นเพลทสูญเสียการทำปฏิกิริยาไป

5 ความต้านทานภายใน

เมื่อขั้วของเซลล์ที่มีการเก็บพลังงานไว้ ได้ถูกต่อเข้ากับความต้านทานภายนอกซึ่งมีค่า R (โอห์ม) ทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหล I (แอมแปร์) ซึ่งเราวัดได้จากแอมมิเตอร์ โดยทิศทางของกระแสจะไหลจากขั้วบวกไปยังแผ่นเพลทของขั้วลบโดยอิเล็กโทรไลต์ ความต้านทานรวมทั้งหมด คือความต้านทานภายนอกบวกกับความต้านทานภายใน โดยคำนวณได้จากกฎของโอห์ม

$$I = \frac{E}{(R_E + R_C)} \quad (2.9)$$

โดยที่ E คือแรงดันไฟฟ้าขณะเปิดวงจรของเซลล์ R_E คือความต้านทานภายนอก และ R_C คือความต้านทานภายในเซลล์

ความต้านทานภายในจะแปรผันไปตามอุณหภูมิ สถานะของการคายประจุการออกแบบของเซลล์ มันจะเพิ่มอุณหภูมิต่ำลง ขอบเขตของการคายประจุ การเพิ่มขึ้นของการประจุ ความต้านทานภายในของแบตเตอรี่จะมีค่าต่ำเมื่อเทียบกับ ความต้านทานภายนอกของวงจร ซึ่งจากสมการที่แล้วเขียนได้เป็น

$$E = I \times (R_E + R_C) \quad (2.10)$$

เมื่อ R_E มีค่าสูง และ I ที่มีค่าต่ำเพราะฉะนั้น เราสามารถรู้ค่าของแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม IR_C ได้ ซึ่งมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับ IR_E เมื่อ I มีค่ามากๆ เช่น ในการสตาร์ทหรืองานอื่นๆ ที่คล้ายกัน IR_C มีค่าสูงประมาณ 0.1 โวลต์ หรือมากกว่า กระแสที่ไหลออกมามากมาย จะทำให้บางส่วนของพลังงานสูญเสียไปกับความร้อนภายใน ซึ่งจะเป็นไปตามกฎกากลกับกระแส ยกกำลังสอง $I^2 R_C$

เมื่อแบตเตอรี่หรือเซลล์มีจุดมุ่งหมายอย่างเห็นได้ชัด เพื่อจัดหากระแสมากโดยที่จะต้องพยายามรักษาค่าความต้านทานภายใน ให้มีค่าต่ำๆ ซึ่งจะเป็นเช่นนี้ได้ จะต้องออกแบบเซลล์ จะต้องแผ่นเพลทบางๆ จำนวนมาก กับอิเล็กโทรไลต์บางส่วนนั้นจะมีการขนานกัน ของรูปร่างของแผ่นเพลทบางกลุ่ม ซึ่งจะทำให้ผลของความต้านทาน N เพลท ซึ่งค่าความต้านทาน R_p คือ $\frac{R_p}{N}$

บางครั้งเพื่อความสะดวก จึงมีการแสดงค่าความจุของเซลล์ในหน่วยแอมแปร์-ชั่วโมงต่อแผ่นเพลทขั้วบวก เซลล์ที่มี 9 แผ่นเพลท จะมีแผ่นเพลทขั้วบวก 4 แผ่น และแผ่นเพลทขั้วลบ 5 แผ่น สมมติว่า แผ่นเพลทขั้วบวกมีความจุ 10 แอมแปร์-ชั่วโมง ความจุของแบตเตอรี่ทำได้จาก $4 \times 10 = 40\text{Ah}$ ซึ่งเหมือนกับแผ่นเพลทที่มีขนาดเท่ากัน คือในหนึ่งเซลล์มี 21 แผ่นเพลท และมีแผ่นเพลทขั้วบวก 10 แผ่น เพราะฉะนั้นค่าความจุมีค่าเท่ากับ $10 \times 10 = 100\text{Ah}$

เช่นเดียวกันในการบอกค่าความต้านทานภายในซึ่งมีหน่วยเป็นโอห์มต่อแผ่นเพลท ขั้วบวก ที่ความจุ 10 Ah จะมีค่าความต้านทาน 0.01 โอห์ม ซึ่งในจำนวน 9 แผ่นเพลท จะมีแผ่นเพลทขั้วบวกต่อขนานกัน 4 แผ่น จึงมีค่าความต้านทานเท่ากับ $0.01/4$ หรือ 0.0025 โอห์ม

แบตเตอรี่ 6 เซลล์ 9 แผ่นเพลทมีค่าแรงดันทั่วไป 12 โวลต์ (6×2) มีความจุ 40 Ah มีค่าความต้านทานภายใน 6×0.0025 หรือ 0.015 โอห์ม ซึ่งมีค่าเท่ากับความต้านทาน 6 เซลล์ต่ออนุกรมกัน

ความต้านทานรวมของแบตเตอรี่หาได้จาก ค่าของความต้านทานภายในบวกกับค่าความต้านทานจุดต่อของแต่ละเซลล์ทั้ง 5 จุดต่อ ค่าความต้านทานของจุดต่อมีค่าประมาณเท่ากับหนึ่งในหกของความต้านทานภายในแบตเตอรี่ ความต้านทานของแบตเตอรี่จะมีค่าเป็น $0.015 + 0.0025 = 0.0175$ โอห์ม

ความต้านทานภายในจะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อความต้านทานขณะคายประจุเต็มที่เป็น $2/12$ ถึง 3 เวลาในขณะที่ยาคายประจุเต็มที

6 ขอบเขตของความถ่วงจำเพาะ

ความถ่วงจำเพาะของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรดต่างๆ กันที่ 15.6 องศาเซลเซียส เป็นดังนี้

1. สเตชันนารีแบตเตอรี่ 1.210
2. พอร์ทเทเบิลแบตเตอรี่
3. ภูมิภาคเมืองหนาว 1.270 - 1.285
4. ภูมิภาคเมืองร้อน 1.230 - 1.250

ความถ่วงจำเพาะจะตกลงตามการคายประจุ และจะเพิ่มขึ้นตามการประจุ ซึ่งจะมีค่าต่ำสุด เมื่อมีการคายประจุเต็มที และมีค่าสูงสุดเมื่อมีการประจุเต็มที

ความถ่วงจำเพาะจะเป็นตัวแสดงผลที่ดีมากของสถานะ ในการคายประจุของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด การตกลงของความถ่วงจำเพาะในขณะที่คายประจุจะเป็นปฏิกิริยาโดยตรงกับจำนวนแอมแปร์-ชั่วโมง ที่ถูกจ่ายไปโดยแบตเตอรี่ ความแตกต่างของค่าความถ่วงจำเพาะของเซลล์ ในระหว่างการคายประจุเต็มที จะเปลี่ยนไปตามจำนวนของอิเล็กโทรไลต์ในเซลล์ขอบเขตของค่าความถ่วงจำเพาะของแบตเตอรี่ชนิดต่างๆ มีค่าประมาณดังนี้

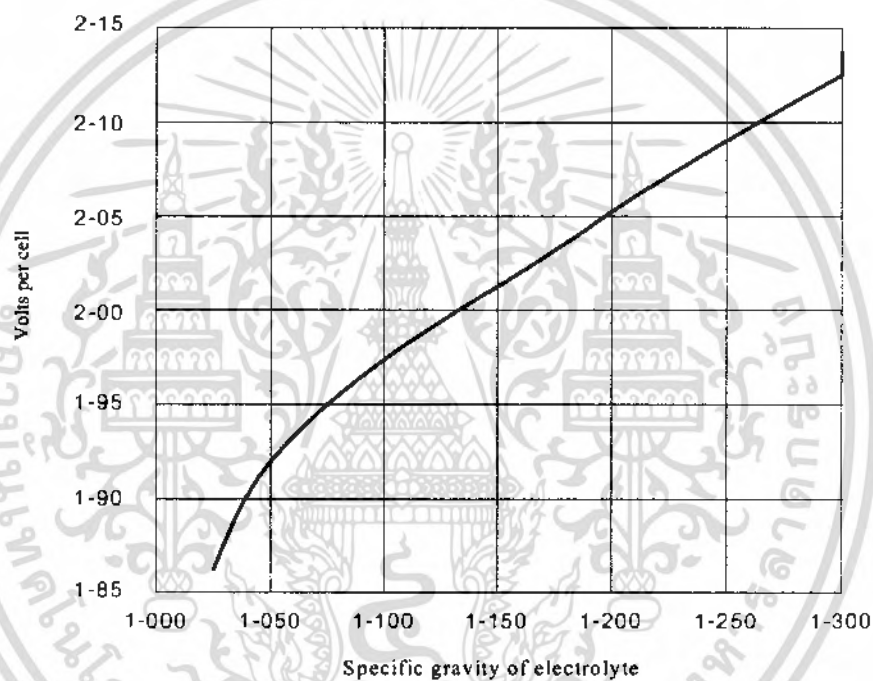
1. สเตชันนารี	1.210 - (1.130 - 1.180)	ที่	10	ชั่วโมง
2. รถยนต์	1.280 - 1.110	ที่	20	ชั่วโมง
3. แทรกชั้น	1.280 - (1.120 - 1.150)	ที่	5	ชั่วโมง

ค่าความผิดพลาดอาจจะเปลี่ยนไปไม่เกิน 0.030 สำหรับสเตชันนารีขนาดใหญ่ และไม่เกิน 0.170 หรือมากกว่า สำหรับพอร์ทเทเบิลเซลล์

7) แรงดันไฟฟ้าขณะเปิดวงจรและค่าความถ่วงจำเพาะ

ความถ่วงจำเพาะของอิเล็กโทรไลต์จะแปรตามแรงดันไฟฟ้าขณะเปิดวงจร ความจุที่เหลืออยู่จะไม่คงที่แน่นอน หลังจากคายเสถียรภาพประมาณ 12 ชั่วโมง ตามการประจุ หลังจากการประจุคอบที่มีเสถียรภาพ จะยอมให้แรงดันแก๊สซิ่ง (Gassing) หรือแรงดันฟรอนท์ (Front) ออกมาชัดเจนที่เห็นได้ การตกลงถึงค่าเปิดวงจรที่เป็นจริง

ผลของค่าความถ่วงจำเพาะของอิเล็กโทรไลต์ ขณะเปิดวงจรเป็นไปตามรูปที่ 2.41 ในย่านของความถ่วงจำเพาะจาก 1.10 - 1.29 ค่าของแรงดันจะเพิ่มขึ้นโดยความชันที่คงที่ โดยการเพิ่มค่าความถ่วงจำเพาะ



รูปที่ 2.11 การเปลี่ยนแปลงแรงดันขณะเปิดวงจรของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกับค่าความถ่วงจำเพาะ

สถานะนรีเซลล์จะทำงานที่ค่าความถ่วงจำเพาะ 1.210 อิเล็กโทรไลต์จะมีแรงดัน ไฟฟ้าขณะเปิดวงจร เป็น 2.025 โวลต์ สำหรับแบตเตอรี่ชนิดรถยนต์จะทำงานที่ความถ่วงจำเพาะ 1.280 อิเล็กโทรไลต์มีแรงดันไฟฟ้า เปิดวงจรเป็น 2.12 โวลต์

เราอาจจะหาค่าได้จากการประมาณแรงดันไฟฟ้าขณะเปิดวงจร = sp.gr. + 0.84

โดยทั่วๆ ไปนี้แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วจะหาได้จากจำนวนเซลล์คูณด้วยสอง

8 แรงดันไฟฟ้าขณะคายประจุ

แรงดันไฟฟ้าของบางเซลล์จะมีค่าสูงกว่าปกติ เมื่อมีการประจุแต่เมื่อมีการคายประจุ แรงดันไฟฟ้าของเซลล์ก็จะลดลง สำหรับแรงดันไฟฟ้าที่เปลี่ยนไปจากการประจุหรือคายประจุจะแปรผันตามองค์ประกอบดังต่อไปนี้

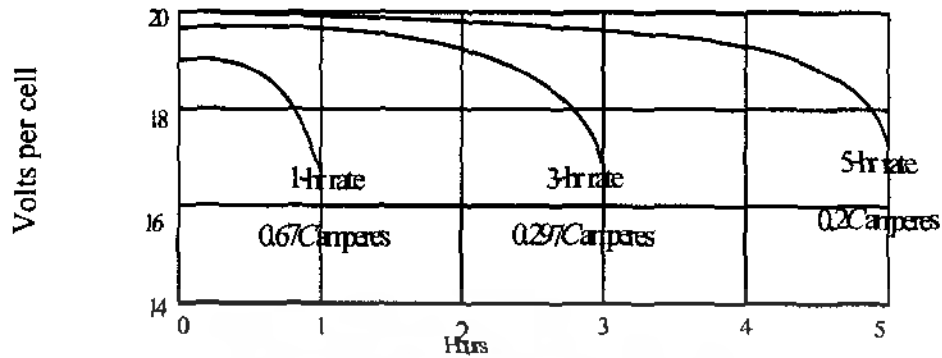
1. กระแสไฟฟ้าที่ไหล
2. สถานะของการประจุและคายประจุ
3. อุณหภูมิของเซลล์
4. อายุของเซลล์

รูปร่างของกราฟการประจุและคายประจุจะเป็นไปตามรูปที่ 2.26 สำหรับแบตเตอรี่ตะกั่วกรด ชนิดแทรกชั้น ทำไม่จำเป็นต้องเป็นแบตเตอรี่ชนิดนี้ ก็เพราะว่าแบตเตอรี่ชนิดนี้จะผลิตพลังงานไฟฟ้าสำหรับยานพาหนะที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าและรถบรรทุกในงานอุตสาหกรรมภายในวันหนึ่ง หรือวันถัดไปจะมีการคายประจุอย่างสมบูรณ์ สำหรับกราฟการประจูดังต่อไปนี้ในช่วงเวลา 8 ชั่วโมง หรือ 12 ชั่วโมง ซึ่งมีการแปรผันตามเวลาที่เปลี่ยนไปแบตเตอรี่ชนิดต่างๆ ส่วนใหญ่จะใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองหรือแหล่งจ่ายไฟฟ้าฉุกเฉิน ซึ่งจะไม่มีการขยายการคายประจุขึ้นมามากมาย และจะรักษาเวลาในการประจูดังกล่าวไว้ โดยการต่อขนานกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ในระบบแบตเตอรี่จะต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่ใช้ในการประจุในช่วงเวลาที่กำหนดไว้แรงดันไฟฟ้าจะถูกแบ่งเป็นหลายระดับโดยมีระดับของแรงดันแก๊สซิง (Gassing) เป็นจุดอ้างอิง ซึ่งมีค่าประมาณ 2.30 - 2.40 โวลต์ ต่อเซลล์และกระแสที่ไหลผ่านตัวแบตเตอรี่จะมีค่าค่อนข้างต่ำลงไปเรื่อยๆ เมื่อระดับแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่มีค่าสูงเกินกว่าระดับแรงดันแก๊สซิงแบตเตอรี่จะต้องได้รับการประจุถึงระดับแรงดันแก๊สซิงเพื่อการประจุที่สมบูรณ์ อย่างไรก็ตามค่าความจุมากกว่า 10 % จะถึงใช้ไปในระหว่างการคายประจุฉุกเฉิน

9 แรงดันและพิกัดในการประจุ

ในการประจุเซลล์ปกติ หรือการประจูดังต่อไปนี้ของแบตเตอรี่ จะถูกกำหนดโดยผู้ผลิตและสามารถบำรุงรักษาได้ตลอดที่มีการประจุเพราะว่าการประจุที่ได้รับการยอมรับที่พิกัดสูง กับแบตเตอรี่ที่ผ่านการคายประจุมา ที่เป็นไปได้ที่จะต้องประจูดังกล่าวที่พิกัดติดต่อกัน 3 - 5 ครั้ง สำหรับการประจุปกติ เมื่อให้พิกัดเริ่มต้นของการประจุมีค่าสูงและจะลดลง เมื่อถึงจุดแก๊สซิง แรงดันของเซลล์จะมีค่าประมาณ 2.35 โวลต์ และจะต้องมีการป้องกันแบตเตอรี่ เช่น การป้องกันอุณหภูมิเกินด้วย พิกัดของ การประจุจะต้อง ไม่มากกว่าที่กำหนดมาและพิกัดสุดท้ายจะเป็นไปอย่างถูกต้อง สำหรับเวลาที่เซลล์ใช้ไปถึงจุดแก๊สซิงอย่างสมบูรณ์ได้



รูปที่ 2.12 ลักษณะสมบัติของแรงดันเมื่อเทียบกับเวลาของแท่งขั้วแบตเตอรี่

ผลความแตกต่างของแรงดันไฟฟ้าของเซลล์ในพิกัดการประจุที่แตกต่างกันตามรูปที่ 2.26 เซลล์ที่ทำการคายประจุอย่างเต็มที่แล้ว แล้วมาทำการประจุ จะมีแรงดันไฟฟ้าที่ประจุต่ำกว่า 2.0 โวลต์ โดยปกติจะมีแรงดันไฟฟ้าต่อเซลล์ ขณะเริ่มต้นในการประจุจะไม่สูงไปกว่า 2.20 โวลต์ต่อเซลล์ ซึ่งจะแปรผันตามกระแสน้ำในการประจุ

เมื่อมีการประจุแบตเตอรี่จนเต็ม แรงดันไฟฟ้าสูงสุดในการประจุจะแปรผันตามชนิดและอายุของแบตเตอรี่ แรงดันไฟฟ้าสูงสุดของแบตเตอรี่ชนิดต่างๆ จะมีค่าตามตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แรงดันไฟฟ้าสูงสุดในการประจุสำหรับแบตเตอรี่ชนิดต่างๆ

ชนิดของแบตเตอรี่	แรงดันขณะประจุ(ต่อเซลล์)	กระแสที่ใช้ในการประจุ	อุณหภูมิที่ใช้ในการประจุ	
	V	A	C	F
- ใช้ขั้วเคลื่อนหรือลากจูง	2-70	$0.07 \times C_5$	27	80
- ใช้งานทั่วไป	2-65	$0.0 \times C_{20}$	21	70
- ใช้เป็นพลังงานสำรอง	2-75	$0.07 \times C_{10}$	15-6	60

$$C_5, C_{20}, C_{10} = \text{Ampere hour capacitor at 5-hr, 20-hr and 10-hr rate}$$

พิกัดของกระแสสุดท้ายจะเท่ากับ 7% ของความจุปกติ จะให้แรงดันไฟฟ้าต่อเซลล์ สูงสุดขณะที่กระแสไฟฟ้าในการประจุที่เท่ากัน แรงดันไฟฟ้าที่จุดสุดท้ายอาจไม่เท่ากัน โดยเป็นผลมาจากอุณหภูมิตามตารางที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าที่ประจุเต็มที่กับอุณหภูมิสำหรับเซลล์ตะกั่วกรด เป็นค่าประมาณ 0.03 โวลต์ในทุกๆ 5.6 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 2.4 แรงดันไฟฟ้าสูงสุดในการประจุในอุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ		ชนิดของแบตเตอรี่		
		ลากจูง	ขับเคลื่อน	พลังงานสำรอง
C°	F°	V	V	V
15-6	60	2-76	2-68	2-75
21	70	2-73	2-65	2-72
27	80	2-70	2-62	2-69
32	90	2-67	2-59	2-66

2.4.4 อายุการใช้งานของแบตเตอรี่

การใช้แบตเตอรี่กับงานหลายๆ งาน แบตเตอรี่จะวนเวียนอยู่กับการปล่อยกระแสไฟฟ้าและการประจุกระแสไฟฟ้า โดยปกติอายุการใช้งานของแบตเตอรี่จะมากกว่า 4 ปี ซึ่งรับรองจากผู้ผลิตแบตเตอรี่ ซึ่งกำหนดในภาวะในการใช้งานของแบตเตอรี่จะอยู่ระหว่าง 5-6 ปี ปกติแล้วการใช้งานของแบตเตอรี่จะไม่มากกว่า 85 % ของความสามารถของแบตเตอรี่ใน 5 ชั่วโมง การใช้กระแสไฟฟ้าจนหมดแบตเตอรี่จะไม่เป็นอันตราย ถ้ามีพลังงานพร้อมเพียงและเพียงพอสำหรับการประจุกระแสไฟฟ้าเข้าไปในแบตเตอรี่ใหม่ การปล่อยกระแสไฟฟ้าที่มากเกินไปเรื่อยๆ อาจทำให้แบตเตอรี่เสื่อมได้ ดังนั้น การศึกษาวิธีการใช้แบตเตอรี่จากผู้ผลิตแบตเตอรี่เสียก่อนที่จะมีการปล่อยหรือการประจุไฟฟ้า เมื่อแบตเตอรี่ถูกปล่อยกระแสออกมากเกินไปจะทำให้ลีดซัลเฟตที่เคลือบนีเพลทผลิตแอคทีฟเมทเลีย่น (Active Material) ที่ขยายออกกว้างทำให้ถูกปิด ซึ่งมีผลทำให้การประจุกระแสไฟฟ้าครั้งต่อไปไม่สมบูรณ์

2.4.5 ขนาดของแบตเตอรี่และประสิทธิภาพ

งานที่แตกต่างกันเซลล์แบตเตอรี่ที่ใช้ก็จะแตกต่างกันไป ตามลักษณะของทางกายภาพ น้ำหนัก ปริมาตร และความสามารถของการจัดกระแสไฟ เช่น เซลล์ที่มีขนาดเล็กที่สุดจะสูง 24 ซม. ปริมาตร 2.5 ซม.³ หน้า 5.5 ก.ก มีความจุประมาณ 50 Ah เซลล์ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดจะสูง 74 ซม. ปริมาตร 49 ซม.³ หน้า 145 ก.ก. มีความจุประมาณ 200 Ah ความจุต่อหน้าหนัก 1 ก.ก. ของแบตเตอรี่สำหรับลากเป็น 24 Wh ต่อ ก.ก. ความจุกระแสต่อปริมาตร 1 ซม.³ ของแบตเตอรี่สำหรับลากเป็น 55 Wh ต่อ dm³ ค่าเหล่านี้สามารถเปลี่ยนแปลงปรับปรุงได้ ถ้าใช้เพลทที่บางลง ในกรณีนี้ที่แบตเตอรี่ที่ถูกใช้งานมาก ภายใต้งานที่หนัก เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 วิธีการเลือกใช้แบตเตอรี่

ปัจจัยในการเลือกใช้แบตเตอรี่ให้เหมาะสมกับงานมีดังนี้

- 1) ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่
- 2) ขนาดและความต้านทานของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้สำหรับพาหนะ
- 3) เนื้อที่ว่างที่จะใช้สำหรับวาง แบตเตอรี่

มอเตอร์ที่ใช้สำหรับรถบรรทุก และพาหนะจะอยู่ระหว่าง 2 แรงม้า ถึง 12 แรงม้า สำหรับรถบรรทุกชนิดโพลีลิท์ จะใช้มอเตอร์อย่างน้อย 2 ตัว สำหรับการทำให้แล่นและสำหรับการดัน (Pump) ของเครื่องยกไฮดรอลิก (Hydraulic) แรงดันไฟฟ้าจะมีตั้งแต่ 12 โวลต์ (6 เซลล์) จนถึง 72 โวลต์ (32 เซลล์) ในรถบรรทุกและพาหนะชนิดเดียวกัน ผู้ผลิตจะมีขนาดของแบตเตอรี่ที่แตกต่างกันแก่ผู้ใช้ขึ้นอยู่กับผู้ใช้พาหนะหรือบรรทุกในงานหนัก หรือไม่หนักเฉลี่ยแล้วรถบรรทุกอุตสาหกรรมจะใช้แบตเตอรี่ประมาณ 10 กิโลวัตต์-ชั่วโมง หนัก 500 กก. ปริมาตร 210 ซม.³ จะทำงานได้ 8 ชั่วโมง ต่อการประจุ 1 ครั้ง แต่ถ้าต้องทำงานครั้งหนึ่งมากกว่า 8 ชั่วโมง จำเป็นต้องใช้แบตเตอรี่ที่มีขนาดใหญ่กว่านี้ หรือเปลี่ยนแบตเตอรี่ ทุกๆ 8 ชั่วโมง แบตเตอรี่ที่ใช้กับพาหนะที่ใช้บนถนนทั่วไปจะดูที่ ความจุ และแรงดันไฟฟ้าปัจจัยในการเลือกแบตเตอรี่สำหรับพาหนะทั่วไป คือ อัตราบรรทุก, ระยะทางที่ใช้วิ่งจำนวนการหยุดรถและออกรถ และสภาพถนน พาหนะที่วิ่งบนถนนธรรมดาที่สามารถรู้จำนวนการหยุดรถในการวิ่งแต่ละครั้งจะใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ประมาณ 30-40 % ซึ่งจะใช้แบตเตอรี่มากกว่าภายใต้เงื่อนไขเดียวกันภายใต้สภาพถนนที่เป็นเนินเขา

ในกรณีที่ผู้ใช้ไม่สามารถจะระบุได้ว่าจะต้องใช้แบตเตอรี่ขนาดใด จึงจะเหมาะสมแก่งานที่ใช้ ผู้ผลิตจะมีการจำลองงานและขนาดแบตเตอรี่ที่เหมาะสมสำหรับงาน สภาพถนนเพื่อบริการ ซึ่งบริการนี้จะทำให้ผู้ใช้แบตเตอรี่ได้เหมาะสมกับหน้าที่ของพาหนะ

2.5.1 คุณลักษณะของการคายประจุ

รูปกราฟที่แสดงในรูปที่ 2.35 และ 2.36 เป็นกราฟของรูปแบบการทำงานของแบตเตอรี่ทั้งชนิดหลอด (Tubular) และชนิดแผ่น (Plate)

แบตเตอรี่จะทำงานคล้ายกับมนุษย์ คือ ยิ่งทำงานหนักมากก็จะมียิ่งอ่อนแรง

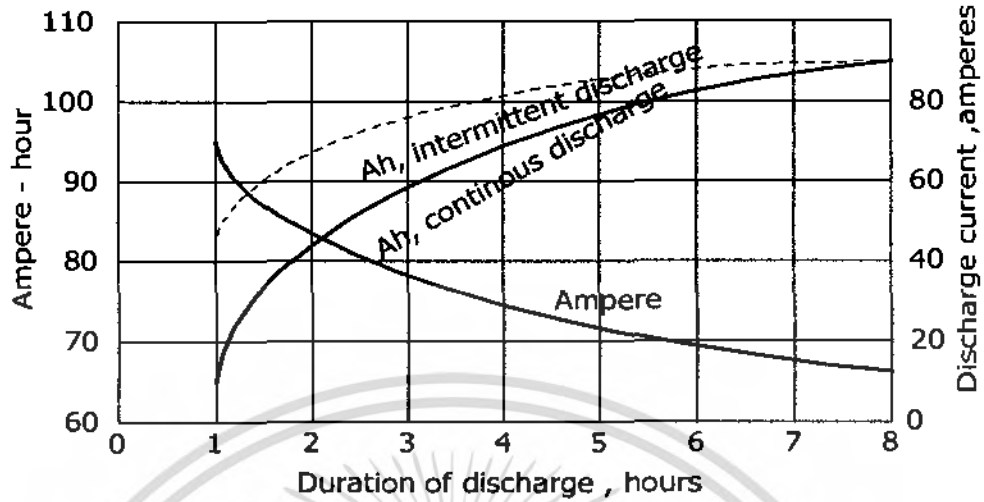
อัตรา 8 ชั่วโมง : 108 Ah (หรือ 135 Ah สำหรับ 8 ชั่วโมง)

อัตรา 5 ชั่วโมง : 100 Ah (หรือ 2 Ah สำหรับ 5 ชั่วโมง)

อัตรา 3 ชั่วโมง : 89 Ah (หรือ 29.7 Ah สำหรับ 5 ชั่วโมง)

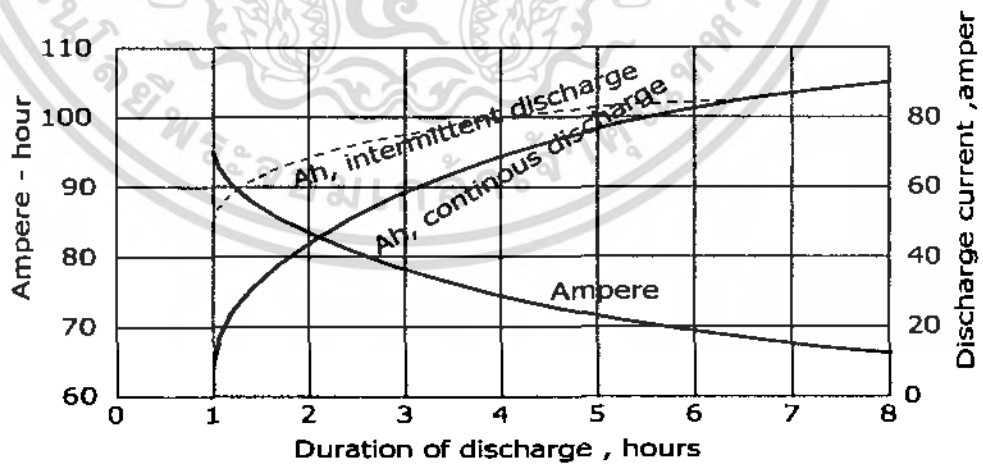
อัตรา 1 ชั่วโมง : 67 Ah (หรือ 67 Ah สำหรับ 1 ชั่วโมง)

ค่าข้างบนเป็นความสามารถ ในการปล่อยกระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่อย่างต่อเนื่องภายใต้เวลาที่กำหนด



รูปที่ 2.13 ความจุของแบตเตอรี่ขณะที่คายประจุอย่างต่อเนื่องและหยุดเป็นพักๆ ที่อุณหภูมิสูง

กระแสที่ปล่อยออกมาจากแบตเตอรี่ จะถูกนำมาใช้กับส่วนมอเตอร์ในพาหนะอย่างเช่น รถบรรทุก ไฟฟ้าเป็นส่วนใหญ่ และแบตเตอรี่จะปล่อยกระแสไฟได้สูงที่สุด ถ้าใช้แบตเตอรี่ขนาดอัตรา 2 ชั่วโมง ขณะที่เมื่อพาหนะมีการหยุดเป็นพักๆ จะสามารถใช้ประโยชน์ได้นานถึง 5 ชั่วโมง จากกราฟรูปที่ 2.20 จะแสดงให้เห็นว่า 91% ของความสามารถปล่อยกระแสทั้งหมด เมื่อปล่อยกระแสช่วง 2 ชั่วโมง และมีการหยุดเป็นพักๆ ซึ่งสามารถครอบคลุมถึงช่วงเวลาถึง 6 และต่อๆ ไปเปรียบเทียบกับการปล่อยกระแสแบบต่อเนื่องในช่วงเวลาเดียวกันจะให้ประมาณ 81 % ของความสามารถปล่อยกระแสทั้งหมด



รูปที่ 2.14 ความจุของแบตเตอรี่ขณะที่ทำการคายประจุอย่างต่อเนื่องและหยุดเป็นพักๆ ที่อุณหภูมิต่ำจากการเปรียบเทียบความจุที่เปลี่ยนไปในการคายประจุอย่างต่อเนื่องที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 พิกัดความจุที่เปลี่ยนไปในการคายประจุอย่างต่อเนื่อง

การปล่อยประจุ (Hr)	ความจุ	
	27°C (Ah)	0°C (Ah)
5	100	87
3	89	77
1	67	56

เปรียบเทียบรูปที่ 2.20 กับ 2.21 จะเห็นว่าในการปล่อยกระแสแบบหยุดเป็นพักๆ 0 องศาเซลเซียส จะให้ค่าความสามารถของแบตเตอรี่ 74 Ah ซึ่งมากกว่าการปล่อยกระแสแบบ ต่อเนื่องที่ 27 องศาเซลเซียส คือ 67 Ah ในเวลา 1 ชั่วโมง

กำลังเป็นวัตต์ของแบตเตอรี่เป็นผลคูณมาจากโวลต์ (Volt) และแอมแปร์ (Ampere) และจากมอเตอร์ไฟฟ้าที่มีอยู่เราสามารถที่จะเลือกขนาดกำลังไฟฟ้าที่จำเป็นจากแบตเตอรี่ได้

ตัวอย่าง เช่น มอเตอร์ ขนาด 5 แรงม้า จะต้องการกระแสประมาณ

$$5,000 \text{ W}/36\text{V} = 136 \text{ A} \text{ จาก เซลล์แบตเตอรี่ } 18 \text{ เซลล์}$$

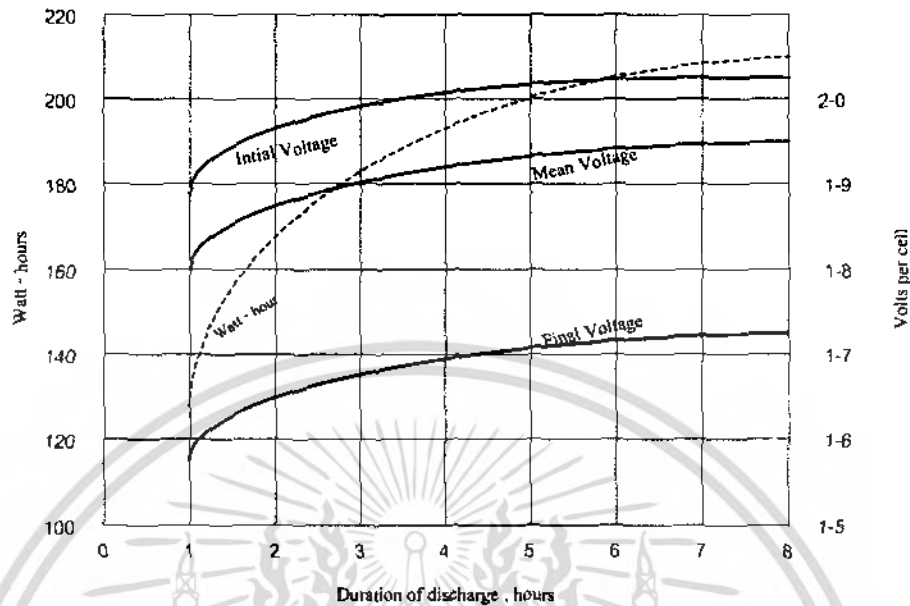
$$\text{หรือ } 5,000 \text{ W}/48\text{V} = 104 \text{ A} \text{ จาก เซลล์แบตเตอรี่ } 24 \text{ เซลล์}$$

ถ้ากระแสไฟฟ้ามีความต้องการตลอด 2 ชั่วโมง อย่างต่อเนื่อง ค่าความจุของแบตเตอรี่ จะเป็น

$$2 \times 136 = 273 \text{ A} \text{ จาก เซลล์แบตเตอรี่ } 18 \text{ เซลล์}$$

$$\text{หรือ } 2 \times 104 = 208 \text{ A} \text{ จาก เซลล์แบตเตอรี่ } 24 \text{ เซลล์}$$

ในการตัดสินใจกำลังวัตต์หรือพลังงานวัตต์-ชั่วโมง ของผลลัพธ์เอาท์พุทของแบตเตอรี่ เราจำเป็นต้องทราบค่าความต้านทานเฉลี่ยของการทำงานของแบตเตอรี่จากรูปที่ 2.24 แสดงความต้านทานเฉลี่ยของการปล่อยกระแสไฟฟ้าต่อ 1 เซลล์ ที่อัตราปล่อยการปล่อยกระแสไฟฟ้าที่แตกต่างกันซึ่งจะน้อยกว่า 2.0 V สำหรับแบตเตอรี่ที่ใช้ลาก และลดลงเพื่อเพิ่มการปล่อยกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 2.15 แรงดันไฟฟ้าและกำลังทางตันเอาร์ทพุทของแท่งขั้วแบตเตอรี่ที่อุณหภูมิปกติ

พลังงานที่ได้ทางเอาร์ทพุท ได้มาจากการคูณความต้านทานเฉลี่ยของการปล่อยกระแสกับแอมแปร์-ชั่วโมง ที่อัตราการปล่อยกระแสไฟฟ้าเฉพาะดังที่แสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 2.6 พลังงานของแบตเตอรี่ที่พิกัดของการคายประจุต่างๆ

เวลาในการคายประจุ (Hr)	ปริมาณความจุที่เปลี่ยนแปลง (Ah)	แรงดันเฉลี่ย (V)	พลังงานที่จ่าย (Wh)
5	100	1-92	192
3	87	1-885	168
1	67	1-80	121

ความต้านทานสุดท้ายของการปล่อยพลังงานกระแสไฟฟ้าประมาณ 0.3 โวลต์ ต่อเซลล์ ซึ่งจะต่ำกว่าความต้านทานเริ่มแรกของการปล่อยกระแสไฟฟ้า และจุดหนึ่งที่เป็นลักษณะเฉพาะของการปล่อยกระแสไฟฟ้า ซึ่งความต้านทานของเซลล์จะเริ่มตกลงเรื่อยๆ อย่างรวดเร็วจนไม่มีกำลังที่ใช้ต่อไป จากรูปที่ 2.29 ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานของการปล่อยกระแสและเวลาซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นโค้งจะสามารถอธิบายความต้านทาน โดยดูว่ากราฟโค้งอย่างไรมากหรือน้อยแค่ไหน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

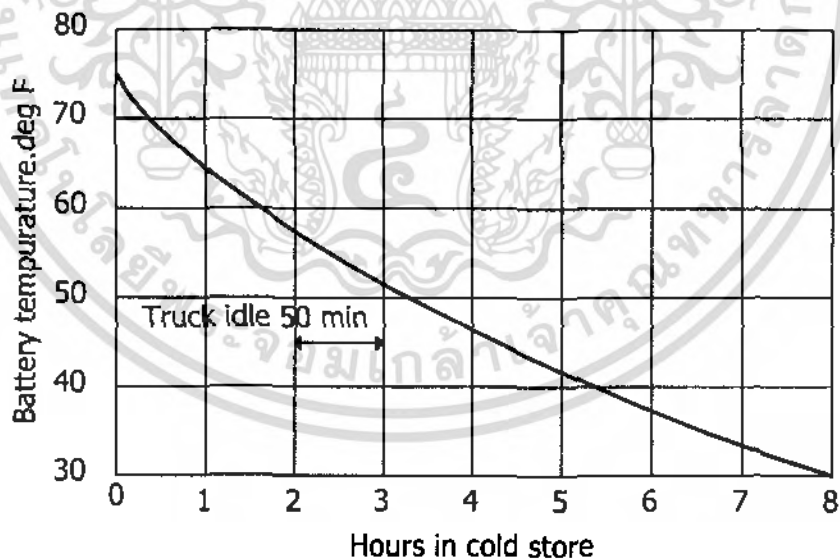
2.5.2 ตัวแปรทางด้านอุณหภูมิ

การประจุกระแสไฟฟ้า เข้าแบตเตอรี่ที่อุณหภูมิที่แตกต่างกัน จะให้ได้ผลที่แตกต่างกันด้วย จะดูได้จากเมื่อประจุกระแสไฟฟ้าที่อุณหภูมิสูงความสามารถของแบตเตอรี่ จะมีมากกว่าการประจุกระแสไฟฟ้าที่อุณหภูมิต่ำกว่า แต่ก็ไม่เสมอไปเพราะความสามารถของแบตเตอรี่จะถูกสะสมอีกครั้ง เมื่อมีการประจุกระแสไฟฟ้าที่อุณหภูมิปกติ

แบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรดสามารถที่จะทำงานได้ในพื้นที่และอากาศเย็นที่อุณหภูมิประมาณ -29 องศาเซลเซียสถ้าอุณหภูมิเริ่มต้นของการเริ่มปฏิบัติงานอยู่ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียสหรือมากกว่า

ความร้อนในแบตเตอรี่จะไม่สูญเสียโดยง่าย จากรูปที่ 2.30 แสดงถึงอุณหภูมิของแบตเตอรี่ขนาด 18 เซลล์ 440 Ah ซึ่งถูกวางไว้ในสภาพแห้งโดยไม่มีฉนวนป้องกัน แบตเตอรี่ที่ใช้สำหรับรถบรรทุกโพลีคลิฟท์สามารถทำงานได้เกินช่วงระยะเวลา 8 ชั่วโมง ในสถานที่ที่มีอากาศเย็นอุณหภูมิประมาณ -29 องศาเซลเซียส แบตเตอรี่จะปฏิบัติงานได้โดยไม่มีปัญหาในช่วงปลายของชั่วโมงที่ 8 และสามารถทำงานได้ตามปกติตามตารางเวลาที่กำหนดไว้ในแต่ละวันเพียงแต่เวลาที่มีการประจุกระแสไฟฟ้าเข้าไปในแบตเตอรี่ใหม่จะต้องทำที่อุณหภูมิปกติ

ตารางข้างล่างนี้จะแสดงขอบเขตความสามารถของแบตเตอรี่ที่ลดลง ขณะที่อุณหภูมิของ อิเล็กโทรไลต์ลดลงด้วย



รูปที่ 2.16 กราฟความจุลิ่ง (Cooling) เอ็กซ์ไซด์ไอออนนิแคดของแบตเตอรี่ 18 เซลล์ 440 Ah

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิของอิเล็กทรอนิกส์ จะเป็นตัวกำหนดความสามารถของแบตเตอรี่ และนี่ก็เป็นสาเหตุหนึ่ง ซึ่งนอกจากนี้แล้วยังมีสาเหตุที่เกี่ยวกับอุณหภูมิที่มีผลต่อความสามารถของแบตเตอรี่อีกดังต่อไปนี้

1. อุณหภูมิของอิเล็กทรอนิกส์ เมื่อเข้าสู่สถานที่เก็บที่มีอากาศเย็น
2. ระยะเวลาที่เก็บไว้ในที่เย็น (ระยะเวลาที่ปฏิบัติงานในที่เย็น)
3. ขนาด และ รูปร่างของเซลล์ต่างๆ ของแบตเตอรี่
4. ตัวป้องกันกระแสไฟฟ้ารั่วของแบตเตอรี่ การบำรุงรักษาแบตเตอรี่ทางหนึ่งคืออุณหภูมิที่ขณะปฏิบัติงานนั้นไม่ควรต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส
5. ตัวป้องกันกระแสไฟฟ้ารั่วของแบตเตอรี่ การบำรุงรักษาแบตเตอรี่ทางหนึ่งคืออุณหภูมิที่ขณะปฏิบัติงานนั้นไม่ควรต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส
6. เมื่อมีการประจุกระแสให้แบตเตอรี่ ควรทำให้อุณหภูมิห้อง คือประมาณ 25 องศาเซลเซียส
7. ตรวจสอบให้แน่ใจว่าก่อนที่จะนำแบตเตอรี่เข้าไปปฏิบัติงานในที่เย็นอุณหภูมิของแบตเตอรี่มีอุณหภูมิเริ่มต้น 25 องศาเซลเซียส หรือ สูงกว่า หรือ ไม่
8. เมื่อไม่ได้ใช้แบตเตอรี่ ควรเก็บไว้ในที่อบอุ่นไม่ใช่ในที่เย็น
9. ในการประจุกระแสครั้งใหม่แต่ละครั้ง ให้แบตเตอรี่ต้องอัดให้เต็ม และไม่วางแบตเตอรี่ที่ปล่อยกระแสไฟฟ้าแล้วไว้ในที่เย็นโดยไม่แน่ใจว่าแบตเตอรี่คายประจุแล้วหรือยัง
10. ฝาปิดแบตเตอรี่ ควรจะมีขนาดพอดีเพราะความร้อนส่วนใหญ่ที่สูญเสียจะผ่านจุดต่อของเซลล์ และจุดต่อข้างนอก

2.5.3 การประจุกระแสไฟฟ้า

โดยทั่วไปๆ แล้วแบตเตอรี่สำหรับลากส่วนใหญ่ จะใช้เวลาในการประจุกระแสประมาณ 10 ชม. หรือมากกว่าและเครื่องมือสำหรับเครื่องประจุกระแสไฟฟ้า จะถูกออกแบบมาง่ายๆ มีคุณลักษณะที่ปลอดภัย มีอุปกรณ์อัตโนมัติสำหรับหยุดการประจุกระแสเมื่อกระแสถูกอัดจนเต็ม ซึ่งเราจะเรียกเครื่องประจุแบบนี้ว่า ซิงเกิ้ลสเต็ปแท็ปเปอร์

แต่ถ้าในกรณีนี้จำเป็น ต้องใช้เวลาในการประจุกระแสต่ำกว่า 10 ชั่วโมง ต้องใช้เครื่องประจุกระแสไฟฟ้าชนิดทรูสเต็ปแท็ปเปอร์ ซึ่งจะใช้เวลาในการประจุประมาณ 8 ชั่วโมง

2.6 เซนเซอร์ชนิดใช้แสง (OPTICAL SENSOR)

ในงานบางลักษณะที่เราต้องการตรวจจับขึ้นมาที่มีระยะห่างจากตัวเซนเซอร์ค่อนข้างมากซึ่งอาจมีค่าเป็นเมตรแนวทางหนึ่งในการใช้เซนเซอร์แบบแสงในการตรวจจับ

2.6.1 ชนิดของตัวรับแสงและส่งแสง

เซนเซอร์ชนิดที่ใช้แสงประกอบด้วยชิ้นส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือตัวส่งและรับแสง ลักษณะของการตรวจจับนั้นเกิดขึ้นจากการที่ลำแสงจากตัวส่งส่งไปสะท้อนกับวัตถุหรือถูกขวางด้วยวัตถุและทำให้ตัวรับแสงทำงานเปลี่ยนสภาวะสัญญาณเอาท์พุทเพื่อนำไปใช้งาน

1. ตัวรับแสง

จะเป็นอุปกรณ์เรียกว่าโฟโตไดโอด (Photo Diode) หรือโฟโตทรานซิสเตอร์ (Photo Transistor) ทำหน้าที่เป็นตัวรับแสงและแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้า

2. ตัวกำเนิดแสง

3. หลอดแบบมีไส้

เป็นเซนเซอร์รุ่นเก่าที่เคยใช้กันมีข้อเสียตรงขาดง่ายและมีขนาดใหญ่ใช้พลังงานมากซึ่งปัจจุบันมีใช้เฉพาะงานบางอย่าง

4. หลอด LED (Light Emitting Diode)

เป็นอุปกรณ์กำเนิดแสงที่มีขนาดเล็ก มีความทนทานสูง นิยมกันมากในเซนเซอร์รุ่นใหม่

4.1 LED แบบแสงอินฟราเรด (Infrared) จะเป็นแสงอินฟราเรดมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 910 ถึง 950 นาโนเมตร มองด้วยตาเปล่าไม่เห็น ให้ความเข้มของแสงสูงจึงส่งไปได้ระยะไกล และสามารถส่งทะลุวัตถุบางชนิดได้ แต่ไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างของสีได้

4.2 LED แบบแสงสีแดง เป็นแสงที่ตามองเห็น มีความยาวคลื่นประมาณ 660 นาโนเมตร ให้ความเข้มแสงปานกลาง เซนเซอร์ที่ใช้แสงสีแดงจะสามารถตรวจจับเครื่องหมาย (mark) สีดำ น้ำเงิน หรือ สีเขียว บนพื้นสีขาวได้

4.3 LED แบบสีเขียว เป็นแสงที่ตามองเห็น มีความยาวคลื่นประมาณ 560 นาโนเมตร ให้ความเข้มของแสงต่ำ เซนเซอร์ที่ใช้แสงสีเขียวจะมีระยะการตรวจจับใกล้แต่สามารถตรวจจับเครื่องหมาย (mark) สีแดง บนพื้นสีขาวได้

4.4 LED แบบแสงเลเซอร์ (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) เป็นแสงที่ถูกขยายโดยการกระตุ้นให้แผ่รังสีออก โดยปกติแล้วแสงที่เราเห็นทั่วไปไม่ว่าจะเป็นแสงจากหลอดไฟ แสงจากดวงอาทิตย์ จะเป็นแสงที่กระจายออกมารอบจุดกำเนิด มีหลายความถี่หรือหลายสี แต่เลเซอร์จะมีคุณสมบัติให้แสงเดี่ยว มีสีเดียวและเฟสเดียว ด้วยเหตุดังกล่าวทำให้แสงเลเซอร์เป็นแสงที่มีความเข้มสูง แสงเลเซอร์จะมีความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 0.01 มิลลิเมตร หรืออยู่ในความถี่ช่วงประมาณ 10^{13} ถึง 10^{15} เฮิรตซ์ ปกติทั่วไปแล้วจะเป็นลำแสงสีแดง

ตารางที่ 2.7 การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียตามชนิดของแสง

แหล่งกำเนิดแสง	ข้อดี	ข้อเสีย
- แสงอินฟราเรด	- ระยะเวลาตรวจจับ - ด้านทานต่อแรงรบกวน	- ไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างของสีได้
- แสงสีเขียว	- ระยะเวลาตรวจจับอยู่ในระหว่างแสงอินฟราเรดกับแสงสีเขียว - สามารถตรวจจับเครื่องหมายสีดำ น้ำเงินหรือเขียวบนพื้นสีขาวได้ - ตามองเห็น	- แสงจากภายนอกรบกวนได้ง่าย - เครื่องหมายสีแดงบนพื้นสีขาวไม่สามารถตรวจจับได้
- แสงสีเขียวก	- สามารถตรวจจับเครื่องหมายสีแดงบนพื้นสีขาวได้ - ตามองเห็น	- ระยะเวลาตรวจจับสั้นที่สุด - ไม่สามารถตรวจจับเครื่องหมายสีเขียวบนพื้นสีขาวได้
- แสงสีขาว	- แยกแยะความแตกต่างของสีได้เกือบทุกสี	- แสงจากภายนอกรบกวนการทำงานได้ง่าย - อายุการใช้งานของหลอดไฟมีขีดจำกัด
- แสงเลเซอร์	- ระยะเวลาตรวจจับไกลสุด - แยกแยะความแตกต่างของสีได้เกือบทุกสี	- เป็นอันตรายต่อสายตา

2.6.2 เทคนิคในการรับส่งลำแสง

1. วิธีการรับส่งแบบทั่วไป

เป็นวิธีที่ตัวส่งแสงส่งลำแสงไปอย่างต่อเนื่องเป็นปกติ เหมือนกับแสงตามธรรมชาติ วิธีนี้ระยะเวลาตรวจจับจะไม่ไกลนักและอาจจะถูกแสงจากภายนอกรบกวนได้ง่าย

2. วิธีการตรวจจับแบบพัลส์

เป็นวิธีที่ตัวส่งแสง จะส่งลำแสงเป็นจังหวะที่สม่ำเสมอด้วยอัตราความถี่ที่สูง และที่ส่วนของตัวรับก็ จะถูกออกแบบมาสำหรับรับสัญญาณแสงนี้โดยเฉพาะ ด้วยวิธีนี้จะทำให้ระยะเวลาตรวจจับทำได้ไกลและ ด้านทานต่อแสงรบกวนจากภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3 โครงสร้างของเซนเซอร์ชนิดรับส่งลำแสง

โครงสร้างเซนเซอร์ของเซนเซอร์ชนิดรับส่งลำแสงโดยทั่วไปประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ คือ ประกอบด้วย

1. วงจรกำเนิดคลื่นหรือพัลส์ความถี่สูง
2. วงจรกำเนิดคลื่นหรือพัลส์ความถี่สูง
3. แหล่งกำเนิดแสง ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้ LED
4. อุปกรณ์รับแสง โดยส่วนมากจะใช้โฟโตไดโอด หรือโฟโตทรานซิสเตอร์
5. อุปกรณ์ขยายสัญญาณ (Preamplifier)
6. อุปกรณ์ขยายสัญญาณ (Preamplifier)
7. อุปกรณ์เปรียบเทียบสัญญาณจากแหล่งกำเนิดคลื่นความถี่ และสัญญาณจากตัวรับแสง (Logic operation)
8. อุปกรณ์แยกแยะสัญญาณให้ทำงานหรือไม่ทำงาน
9. หลอดไฟแสดงการทำงาน
10. เอาต์พุตและวงจรป้องกัน
11. แหล่งจ่ายแรงดันจากภายนอก
- 11.2. วงจรรักษาระดับแรงดันให้คงที่

เซนเซอร์ชนิดใช้แสงที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมนั้น หากแบ่งตามวิธีการตรวจจับสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มด้วยกันซึ่งทั้งนี้ตัวส่งและตัวรับส่งแสงอาจจะอยู่รวมภายในห้องเดียวกัน

2.6.4 เซนเซอร์แบบลำแสงผ่านตลอด (Through-Beam Sensor)

เซนเซอร์แบบนี้จะแยกตัวส่งและตัวรับสัญญาณออกจากกัน และให้วัตถุที่ต้องการการตรวจจับเคลื่อนที่ผ่านระหว่างกลาง

ตารางที่ 2.8 การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของเซนเซอร์แบบลำแสงผ่านตลอด

ข้อดี	ข้อเสีย
<ul style="list-style-type: none"> - ระยะเวลาตรวจจับไกล - ความแม่นยำค่อนข้างสูง - สีและผิวของวัตถุไม่มีผลกระทบต่อการทำงาน 	<ul style="list-style-type: none"> - ใช้เนื้อที่ในการติดตั้ง - ต้องจ่ายไฟทั้งตัวส่งและตัวรับ - ไม่สามารถตรวจจับวัตถุโปร่งใสได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประยุกต์ใช้งานของเซนเซอร์แบบลำแสงผ่านตลอด เป็นการนำเซนเซอร์ไปใช้ตรวจจับขนาดและรูปร่างของชิ้นงานบนสายพานลำเลียง โดยแยกแยะชิ้นงานที่มีขนาดเท่ากันไปในทิศทางเดียวกัน

2.6.5 เซนเซอร์แบบลำแสงสะท้อนกลับ (Retro-Reflective Sensor)

เซนเซอร์ประเภทนี้จะรวมตัวส่งและตัวรับสัญญาณแสงไว้ภายในตัวเดียวกัน และใช้แผ่นสะท้อนแสง (Reflector) สะท้อนแสงกลับ

ตารางที่ 2.9 การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของเซนเซอร์แบบลำแสงสะท้อนกลับ

ข้อดี	ข้อเสีย
<ul style="list-style-type: none"> - ใช้เนื้อที่ในการติดตั้งน้อยกว่าแบบลำเลียงผ่านตลอด - ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและเดินสายไฟต่ำกว่า - การปรับแต่งทำได้ง่าย 	<ul style="list-style-type: none"> - จำเป็นต้องใช้แผ่นสะท้อนแสงแบบพิเศษ - ความแม่นยำในการตรวจจับน้อยกว่าแบบลำแสงผ่านตลอด - อาจมีปัญหาในการตรวจจับวัตถุที่มีสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงใกล้เคียงกับแผ่นสะท้อนแสง

การนำเซนเซอร์แบบลำแสงสะท้อนกลับมาใช้ในการตรวจจับนับชิ้นงานบนสายพานลำเลียง โดยส่งสัญญาณที่ได้จากการตรวจจับให้กับอุปกรณ์นับ (Counter)

การนำเอาเซนเซอร์มาใช้ในการตรวจจับขนาดของแผ่นวัตถุที่มีวนเป็นขดว่าขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางนั้นได้ตามที่กำหนดไว้หรือไม่

2.6.6 เซนเซอร์แบบตรวจจับโดยตรง (Diffuse Reflective sensor)

เซนเซอร์ประเภทนี้ ตัวส่งและตัวรับสัญญาณแสงจะอยู่ภายในตัวเดียวกัน แล้วใช้วัตถุหรือชิ้นงานที่เป็นตัวสะท้อนแสงกลับ

ตารางที่ 2.10 การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของเซนเซอร์แบบตรวจจับโดยตรง

ข้อดี	ข้อเสีย
<ul style="list-style-type: none"> - ใช้เนื้อที่ในการติดตั้งน้อย - ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและเดินสายต่ำ - ไม่ต้องมีการปรับแต่งทิศทางลำแสง 	<ul style="list-style-type: none"> - ระยะเวลาในการตรวจจับน้อยกว่าทั้งสองแบบที่ผ่านมา - ความสามารถในการตรวจจับขึ้นอยู่กับสีและสัมประสิทธิ์ในการสะท้อนแสงที่ผิวของวัตถุหรือชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังที่ทราบว่เซนเซอร์แบบนี้ ระยะที่ใช้ในการตรวจจับจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของตัวชิ้นงาน และตารางต่อไปนี้เป็นตัวอย่างของค่าตัวคูณประกอบ (Factor) ของเซนเซอร์แบบตรวจจับโดยตรงในการการตรวจจับชิ้นงานประเภทต่างในงานบางประเภทไม่สามารถที่จะติดตั้งตัวเซนเซอร์ได้ ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากไม่มีพื้นที่ในการติดตั้ง หรือพื้นที่เหล่านั้นอาจก่อให้เกิดความเสียหายแก่เซนเซอร์ หรือเป็นงานที่ต้องการความแม่นยำและแน่นอนในการตรวจจับค่อนข้างสูง สายไฟเบอร์ออปติกหรือสายใยแก้ว จึงได้ถูกนำมาเอามาใช้เพื่อสนองต่อความต้องการดังกล่าว การทำงานของสายใยแก้วอยู่บนพื้นฐานของผลรวมของการสะท้อนแสงภายในสาย โดยในที่นี้ส่วนมากจะใช้เป็นสายเดี่ยว ซึ่งนอกจากจะหุ้มด้วยวัสดุจำพวกพลาสติก หรือโลหะที่ทนอุณหภูมิสูงและที่สามารถโค้งงอตัวได้

การนำสายใยแก้วมาใช้กับเซนเซอร์ชนิดใช้แสงนี้ ส่วนมากจะใช้เซนเซอร์แบบลำแสงผ่านตลอดและแบบตรวจจับโดยตรง ซึ่งเซนเซอร์ทั้งสองแบบนี้อาจจะอยู่ในรูปแบบทรงกระบอกหรือทรงสี่เหลี่ยมก็ได้

2.6.7 หลักการเลือกใช้เซนเซอร์ชนิดใช้แสงให้เหมาะสมกับงาน

เนื่องจากเซนเซอร์ชนิดใช้แสงนั้น มีอยู่หลายแบบด้วยกัน ซึ่งในแต่ละแบบจะมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันออกไปดังกล่าวในข้างต้น ในการเลือกใช้งานเซนเซอร์ประเภทนี้นั้นจึงจำเป็นต้องทราบรายละเอียด คุณสมบัติบางประการของตัวเซนเซอร์ รวมทั้งลักษณะของงานที่จะนำไปใช้ เพื่อที่จะสามารถใช้งานได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมที่สุด หัวข้อที่สำคัญที่ควรพิจารณามีดังต่อไปนี้

1 ขนาดรูปร่างของวัตถุที่ตรวจจับ

กรณีเซนเซอร์เป็นแบบลำแสงผ่านตลอด ขนาดเล็กสุดของวัตถุที่เซนเซอร์ประเภทนี้สามารถตรวจจับได้นั้น ประมาณว่ามีค่าใกล้เคียงกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเลนส์ที่ติดอยู่กับด้านหน้าของตัวเซนเซอร์นั้น ถ้าจำเป็นต้องการตรวจจับวัตถุที่มีขนาดเล็กกว่าอาจต้องใช้หน้ากากบังลำแสงช่วย แต่ก็จะมีผลทำให้ระยะการตรวจจับสั้นลงกรณีเซนเซอร์เป็นแบบตรวจจับโดยตรง ให้ระมัดระวังเกี่ยวกับย่านการตรวจจับของเซนเซอร์แบบนี้ เพราะมันเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดของวัตถุที่ตรวจจับ ถ้าเลื่อนตัวเซนเซอร์ไปเข้าใกล้วัตถุมากขึ้นหรือปรับความไวของเซนเซอร์ให้เพิ่มขึ้น จะทำให้เซนเซอร์นั้นสามารถตรวจจับวัตถุที่มีขนาดเล็กลงได้ แต่อย่างไรก็ตามต้องระมัดระวังไม่ให้เซนเซอร์ตรวจจับฉากหลังของวัตถุได้

2 ชนิดของวัตถุที่ตรวจจับ

กรณีเซนเซอร์เป็นแบบลำแสงผ่านตลอด ใช้กับวัตถุเกือบทุกชนิด ยกเว้นวัตถุโปร่งใส เช่น พลาสติกใส กระดาษใส ขวดใส เป็นต้น นอกจากนี้ยังรวมถึงวัตถุที่มีลักษณะเป็นโครงสร้างแสงลอดผ่านได้กรณีเซนเซอร์เป็นแบบตรวจจับโดยตรง ตรวจจับวัตถุได้เกือบทุกชนิด ยกเว้นวัตถุนั้นดูดซับแสงได้ เช่น วัตถุสีดำด้าน หรือวัตถุที่มีผิวขรุขระ หรือวางเป็นมุมเอียง เพราะบางทีอาจจะทำให้ลำแสงจากตัวส่ง ส่งไปกระทบกับวัตถุแล้วแสงหักเหไม่สะท้อนกลับมายังตัวรับแสงได้

3 สีและผิวของวัตถุที่ตรวจจับ

กรณีลำแสงเซนเซอร์เป็นแบบลำแสงผ่านตลอด ความสามารถในการตรวจจับไม่ขึ้นอยู่กับสีหรือผิวของวัตถุที่ตรวจจับกรณีเซนเซอร์เป็นแบบตรวจจับโดยตรง ถ้าวัตถุที่ตรวจจับนั้นสะท้อนแสงได้ไม่มีสีดำด้านหรือโปร่งใสมาก จะต้องพิจารณาให้ติดกับการเลือกใช้เซนเซอร์แบบนี้ เพราะวัตถุดังกล่าวจะทำให้ระยะการตรวจจับสั้นลง หรือตรวจจับไม่ได้เลยก็เป็นได้

4 ตำแหน่งที่จะตรวจจับ

กรณีเซนเซอร์เป็นแบบลำแสงผ่านตลอด วัตถุจะตรวจจับไม่ได้ ไม่ว่าจะตัดผ่านลำแสงในทิศทางหรือตำแหน่งระยะใดๆ ระหว่างตัวรับและตัวส่งแสง ดังนั้นจึงไม่ต้องจำเป็นห้อยมากนักในตำแหน่งของวัตถุที่ตัดผ่านลำแสงกรณีเซนเซอร์เป็นแบบตรวจจับโดยตรง ให้ระมัดระวังในการตรวจจับเซนเซอร์แบบนี้เพราะพื้นที่ในการตรวจจับจะเปลี่ยนแปลงไปตามตำแหน่งระยะที่วัตถุนั้นเคลื่อนเข้ามาสัมผัสลำแสง

5 ความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ตรวจจับ

ปัจจุบันนี้เซนเซอร์ที่ใช้แสงส่วนใหญ่จะมีการตอบสนองได้เร็วถึง 1/1000 วินาที หรือ 1 มิลลิวินาที (1 ms) ทั้งนี้ก็เพื่อสามารถให้ตรวจจับวัตถุที่เคลื่อนไหวเร็วได้ แต่เพื่อความแน่ใจควรใช้สูตรต่อไปในการคำนวณหาความเร็วสูงสุดของวัตถุที่ต้องการตรวจจับ เมื่อใช้กับงานเซนเซอร์รุ่นอื่นๆ

6 สภาพแวดล้อมในบริเวณที่จะใช้งาน

ควรเอาใจใส่ในการเลือกเซนเซอร์ให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ฝุ่นละอองน้ำ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วเซนเซอร์แต่ละรุ่นมีมาตรฐานในการป้องกันอยู่ เช่น IP67 ป้องกันการสัมผัสชิ้นส่วนวงจรไฟฟ้า ซึ่งอยู่ภายในอย่างสมบูรณ์ ป้องกันฝุ่นละออง และป้องกันน้ำเข้าได้ เป็นต้น

7 ระยะห่างระหว่างเซนเซอร์ที่ใกล้เคียงกัน

ยิ่งระยะห่างระหว่างเซนเซอร์ชนิดใช้แสงมีน้อยเพียงใด โอกาสที่จะเกิดการรบกวนกันก็ยิ่งเพิ่มมากขึ้นเท่านั้น คือ กรณีเซนเซอร์เป็นแบบลำแสงผ่านตลอดดังที่ทราบกันแล้วว่าเซนเซอร์แบบนี้ ลำแสงจะวิ่งผ่านเลนส์จากตัวส่งมายังตัวรับวิ่งอย่างไรก็ตามลำแสงจากตัวส่งไม่ได้ถูกบีบเป็นลำตรงเข้ามายังตัวรับเสียเลยทีเดียว (ยกเว้นหากเป็นแสงเลเซอร์) แต่มันจะกระจายออกไปเป็นมุมกว้างผลที่ตามาก็คือ หากมีการเซนเซอร์ตัวอื่นๆ ติดตั้งอยู่ในพื้นที่บริเวณดังกล่าวก็อาจจะทำให้เกิดการรบกวนกันเองได้ เพื่อหลีกเลี่ยงเหตุการณ์ดังกล่าวจึงจำเป็นที่จะต้องกำหนดระยะห่างระหว่างเซนเซอร์แต่ละชุดดังต่อไปนี้โดยที่รัศมีลำแสงของเซนเซอร์แต่ละรุ่นซึ่งสามารถดูได้จากชองกราฟ (Parallel deviation) ในคู่มือของเซนเซอร์ที่เลือกใช้ นอกจากนั้นอาจใช้วิธีการสลับตำแหน่งของตัวรับและตัวส่งของเซนเซอร์ชุดที่อยู่ติดกันเพื่อหลีกเลี่ยงการรบกวนกันเองก็ได้ จะต้องคำนึงถึงคุณสมบัติของแสง (Characteristic curve) ของย่านการตรวจจับของเซนเซอร์รุ่นอื่นๆ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการรบกวนกันเองได้ ในการพิจารณา (Curve) จะต้องพิจารณาจากระยะ X1 และ L1 โดยจะต้องกำหนดให้เซนเซอร์ที่อยู่ใกล้กันต้องมีระยะห่างอย่างน้อย 2 เท่าของระยะ X เมื่อ X1 คือรัศมีของลำแสงตัดกันซึ่งดูได้จากชองกราฟ (Parallel deviation) ในคู่มือของเซนเซอร์แต่ละรุ่น และในกรณีที่ต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ติดตั้งเซนเซอร์ประเภทนี้หันหน้าเข้าหากันต้องพยายามให้แนวลำแสงของแต่ละตัวติดกันเป็นมุม อย่าให้อยู่ในแนวเดียวกัน

8 การติดตั้งเซนเซอร์บนชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหว

โดยทั่วไปแล้วจะไม่นิยมติดตั้งเซนเซอร์ชนิดใช้แสงบนชิ้น ส่วนที่มีการเคลื่อนไหว แต่ถ้าหากจำเป็นจริงๆ จะต้องพิจารณาดูให้แน่ใจว่าเมื่อติดตั้งไปแล้วจะทำให้เกิดอันตรายต่อโครงสร้างของเซนเซอร์ ตลอดจนสายไฟที่เป็นส่วนสำคัญ โดยส่วนมากสายไฟของตัวเซนเซอร์มักชำรุดหรือขาดตรงบริเวณสายไฟที่ต่อเข้ากับตัวเซนเซอร์ ดังนั้นควรมีการยึดสายไฟบริเวณดังกล่าว ไม่ให้มีการเคลื่อนไหว โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากมีการใช้สายใยแก้วที่มีการเคลื่อนไหวบ่อยๆ ควรจะใส่ปลอกป้องกันไว้เพื่อเพิ่มความแข็งแรง



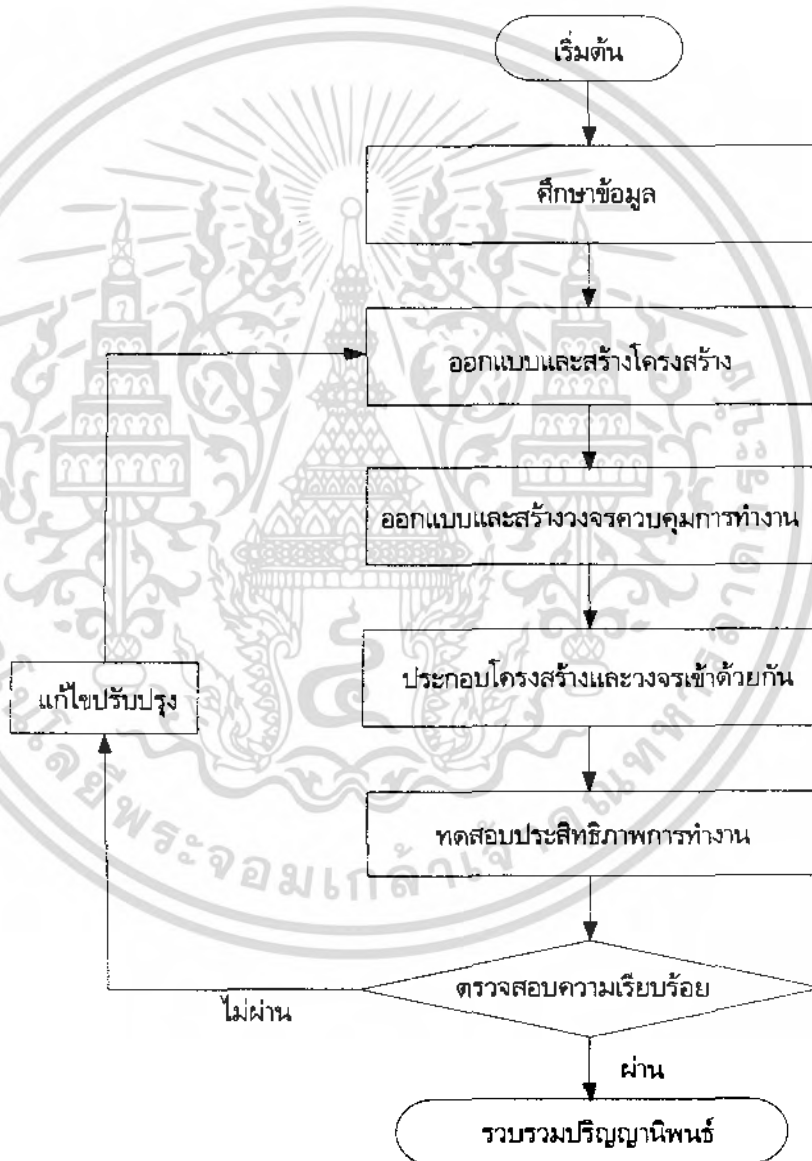
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

3.1 ผังการทำงานของโครงการ

ในการจัดทำรถสามล้อมอเตอร์ไฟฟ้า สามารถจัดลำดับขั้นตอนการดำเนินงานได้ดังนี้

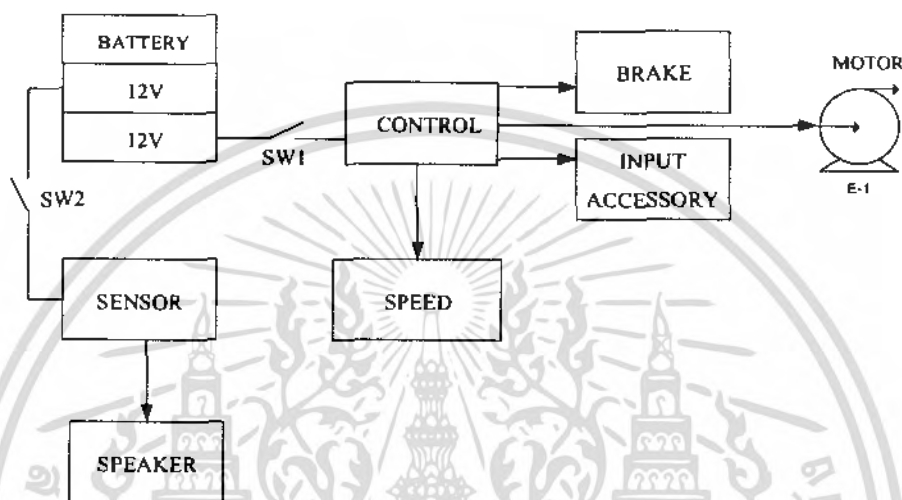


รูปที่ 3.1 ผังการทำงานของโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 แผนผังของวงจรภาคควบคุมและวงจรภาคกำลัง

เนื่องจากอาศัยหลักการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จ่ายไฟ 24 โวลต์ ให้ชุดควบคุมที่ควบคุม โดยการปรับความกว้างของสัญญาณพัลส์ เพื่อเพิ่มความเร็วให้กับมอเตอร์และจ่ายไฟ 12 โวลต์ ให้กับ เซนเซอร์แล้วเซนเซอร์จะมีเสียงร้องเมื่อถอยหลังไปชนกับระยะที่ตั้งไว้กับสิ่งกีดขวาง



รูปที่ 3.2 แผนผังของวงจรภาคควบคุม และวงจรภาคกำลัง

ในการหาขนาดมอเตอร์นั้น เราจะต้องคำนวณอย่างละเอียด โดยคำนวณบนพื้นฐานของความต้านทานการเคลื่อนที่ทั้งหมดของตัวรถไฟฟ้า ซึ่งกำลังของมอเตอร์ดีซีจะต้องเอาชนะพารามิเตอร์เหล่านี้ให้ได้ รถไฟฟ้า ซึ่งสามารถเคลื่อนที่ไปได้

3.3 อัตราทด

อัตราทด (Velocity ratio) m_{∞} คืออัตราทดระหว่างความเร็วของล้อขับต่อความเร็วรอบของล้อตามสมการ

$$m_{\infty} = \frac{n_1}{n_2} \quad (3.1)$$

โดยที่ m_{∞} คือ อัตราทด
 N คือ ความเร็วรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1 ความต้านทานการเคลื่อนที่ของรถ (Automotive Resistance)

ในการขับเคลื่อนรถมีความต้านทานที่จะต้องพิจารณาคือ ความต้านทานจากลม ความต้านทานการหมุนแต่เนื่องจากเราไม่นำค่าเหล่านี้มาคิด เนื่องจากรถสามล้อวิ่งในความเร็วไม่มากนักซึ่งความต้านทานเหล่านี้ไม่จำเป็นจะนำมาคิดก็ได้แต่ในการคำนวณหาขนาดมอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนรถสามล้อ เราได้นำค่าความต้านทานเนื่องจากแรงเสียดทานมาคิดเพียงอย่างเดียว และได้คำนวณในแนวทางรอบเพียงอย่างเดียว

3.3.2 ความต้านทานเนื่องจากอากาศ (Air Resistance)

รถทุกชนิดที่วิ่งบนท้องถนนนั้นเมื่อสัมผัสกับถนนในขณะที่ล้อหมุนเพื่อวิ่งเพื่อวิ่งไปข้างหน้าจะเกิดแรงเสียดทานการหมุนลึกลับกับผิวถนนและอีกอย่างหนึ่งคือ แรงต้านทานการหมุนจากรถ เนื่องจากรถต้องวิ่งแหวกอากาศออกไปซึ่งที่ความเร็วต่ำ แรงต้านทานการหมุนจากลมน้อยมากจนไม่สามารถเปรียบเทียบกับแรงเสียดทานการหมุน แต่ถ้ารถวิ่งด้วยความเร็วสูงแรงต้านทานจากลมจะมีผลต่อการขับเคลื่อนอย่างยิ่ง

3.3.3 ความต้านทานเนื่องจากการหมุน (Rolling Resistance)

ความต้านทานนี้เกิดขึ้นเมื่อรถเคลื่อนที่ โดยมีองค์ประกอบ 3 อย่างคือ

- 1 ความต้านทานเนื่องจากการกระแทก (Impact Resistance) ผิวถนนที่ขรุขระจะทำให้ล้อยางยืดหยุ่นและเปลี่ยนไปตามรอบขรุขระ ค่ารอบขรุขระมีมากหรืออย่างมีสภาพยืดหยุ่นไม่ดี จะเกิดการกระแทกขึ้นระหว่างยาง และผิวถนนขนาดของแรงกระแทกขึ้นอยู่กับวัตถุที่ทำพื้นถนน น้ำหนักรถ และความเร็ว
- 2 ความต้านทานที่ผิวถนน (Surface Resistance) คือความเสียดทานระหว่างยางกับผิวถนนระหว่างรถเคลื่อนที่ค่าของความต้านทาน ที่อยู่กับผิววัสดุที่ถนนและสภาพพื้นถนนที่ขรุขระว่าแห้งเปียกและเหลวเป็นโคลน ผิวถนนที่แห้งจะมีความต้านทานน้อยกว่าผิวถนนที่เปียกเป็นโคลน
- 3 ความต้านทานภายในตัวรถ (Internal Resistance) จะเกิดขึ้นกับตลับลูกปืนเพลลา แกนล้อ เป็นต้นเมื่อชิ้นส่วนเหล่านี้เคลื่อนที่จะเกิดการเสียดสีกับชิ้นงานส่วนอื่นๆ ทำให้เกิดการสึกหรอ ปัจจัยที่มีผลต่อความต้านทานนี้ คือชนิดของน้ำมันหล่อลื่นปริมาณอากาศในล้อและชนิดของยาง ขณะรถเคลื่อนที่นั้นความต้านทานที่ผิวถนนและความต้านทานในตัวรถจะค่อนข้างมีค่าคงที่ จะไม่ขึ้นอยู่กับความเร็วของรถ โดยมีความต้านทานของการกระแทกจะเพิ่มขึ้นตามความเร็วของรถ

3.4 การคำนวณหาขนาดมอเตอร์

ข้อกำหนด

1. ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานยางรถสามล้อแบบหมุนอัดลมบนคอนกรีต
2. แรงเสียดทานสถิตย์
3. แรงเสียดทานจลน์
4. ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานตลับลูกปืนที่มีการหล่อลื่นที่เลือกใช้คือ 0.001 ถือว่าน้อยมากไม่นำมา

คำนวณ

5. น้ำหนักรถสามล้อรวมอุปกรณ์ติดตั้งทั้งหมด
6. น้ำหนักรถสามล้อรวมอุปกรณ์ที่ติดตั้งแล้ว 70 กิโลกรัม
7. น้ำหนักผู้ขับขี่ (สูงสุด) 60 กิโลกรัม
8. น้ำหนักรวม 130 กิโลกรัม
9. ระยะรัศมีของล้อรถสามล้อ 0.28 เมตร
10. ระยะรัศมีของดุมล้อรถสามล้อจากเพ็องถึงหมุนล้อ 0.0354 เมตร

พิจารณาในแนวราบ

$$W = \text{น้ำหนักรวมสูงสุด } 130 \text{ กิโลกรัม หรือ } 1193.4 \text{ นิวตัน}$$

3.4.1 แรงเสียดทาน

1 แรงเสียดทานสถิตย์

$$f_s = \mu_s \times w = 0.04 \times 1193.4 = 47.73 \text{ นิวตัน}$$

เมื่อ

$$f_s = \text{แรงเสียดทาน}$$

$$\mu_s = \text{แรงเคลื่อนตัว}$$

$$w = \text{น้ำหนัก}$$

2 แรงเสียดทานจลน์

$$f_k = \mu_s \times w = 0.02 \times 1193.4 = 23.8688 \text{ นิวตัน}$$

เมื่อ

$$f_s = \text{แรงเสียดทานจลน์}$$

$$\mu_s = \text{แรงเคลื่อนตัว}$$

$$w = \text{น้ำหนัก}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 แรงขณะเริ่มเคลื่อนที่

เงื่อนไข ความเร็วเริ่มต้น $u = 0$ กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือ $u = 0$ เมตรต่อวินาที

ความเร็วสุดท้าย $v = 10$ กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือ $v = 2.78$ เมตรต่อวินาที เวลาที่ใช้ในการเพิ่มความเร็ว 4 วินาที

ความเร่ง $a = \frac{v - u}{\Delta t}$

$$= \frac{2.78 - 0}{4} = 0.696 \text{ เมตรต่อวินาที}$$

เมื่อ

v = ความเร็วสุดท้าย
 u = ความเร็วเริ่มต้น
 Δt = ช่วงระยะเวลา $4 - 0 = 4$ วินาที

ระยะทาง $S = ut + \frac{1}{2}at^2$

$$= (0)4 + \frac{1}{2}(0.695)(4)^2$$

$$= 5.56 \text{ เมตร}$$

เมื่อ

S = ระยะทาง
 ut = ช่วงเวลาความเร็วต้น
 at = ช่วงเวลาความเร็วสุดท้าย

แรงที่ใช้เริ่มเคลื่อนที่

$$F_{start} = ma + f_s = 130 \times (0.696) + 66.7$$

$$= 157.18 \text{ นิวตัน} \approx 158 \text{ นิวตัน}$$

เมื่อ

F_{start} = แรงเคลื่อนที่
 f_s = ความเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 แรงที่ใช้เมื่อเคลื่อนที่แล้ว

จากผลรวมแรงแนวตั้ง $\sum F_y = 0$

หาผลรวมแนวราบ $\sum F_x = ma_x + f_k$

$$F_{run} = 130 (0.696) + 33.354$$

$$= 123.834 \text{ นิวตัน}$$

3.4.4. แรงบิดที่ใช้เมื่อเคลื่อนที่แล้ว

1 ที่ขอบยางกับผิวถนน

$$\tau = F_{start} \times r = 185 \times 0.3 = 55 \text{ นิวตันต่อเมตร}$$

$$\tau = F_{run} \times r = 15.5 \times 0.3 = 45.45 \text{ นิวตันต่อเมตร}$$

2 ที่ศูนย์กลางจักรยาน

$$\tau = F_{start} \times r = 185 \times 0.035 = 6.48 \text{ นิวตันต่อเมตร}$$

$$\tau = F_{run} \times r = 151.5 \times 0.035 = 5.3 \text{ นิวตันต่อเมตร}$$

เมื่อ

$$F_{start} = \text{แรงเคลื่อนเริ่มต้น}$$

$$F_{run} = \text{แรงขณะเคลื่อนที่}$$

3.4.5. กำลังงานที่ใช้เวลา 1 ชั่วโมง

ดังนั้น ระยะทางที่ได้ 10 กิโลเมตร

$$P = \frac{F \times S}{t} = \frac{185 \times 10000}{3600}$$

$$= 514 \text{ วัตต์}$$

หาขนาดมอเตอร์เมื่อ 1 แรงม้า = 746 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดมอเตอร์ แรงม้า = $\frac{P}{746} = \frac{514}{746} = 689$ แรงม้า ≈ 0.7 แรงม้า

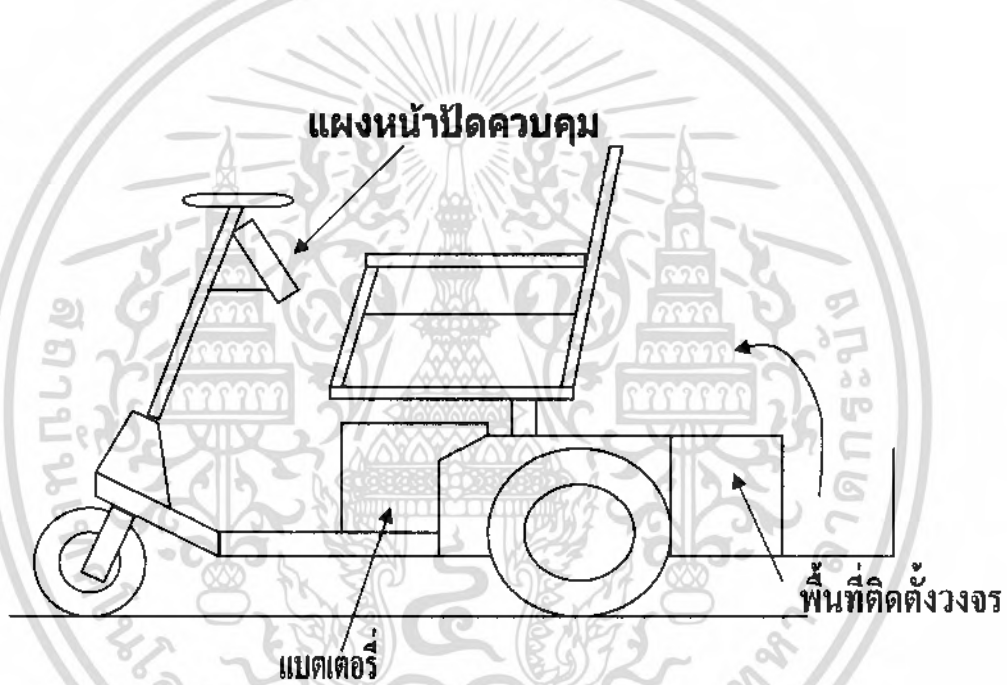
เมื่อ

P = กำลังงาน

F = แรงเคลื่อน

S = ระยะทาง

ดังนั้น เราจึงเลือกขนาดมอเตอร์ให้เหมาะสมกับรถสามล้อ จึงเลือกใช้มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า ใช้ในการติดตั้ง



รูปที่ 3.3 รูปรถเข็นไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลองขีดความสามารถของโครงงาน

4.1.1 รถเซ็นไฟฟ้าสามารถเคลื่อนที่ได้ภายในและภายนอกอาคาร

4.1.1.1 การทดลอง



รูปที่ 4.1 การทดลองรถเซ็นไฟฟ้าเริ่มทางตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 การทดลองรถเข็นไฟฟ้าเลียขวา



รูปที่ 4.3 การทดลองรถเข็นไฟฟ้าเลียซ้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 การทดลองถอยหลัง



รูปที่ 4.5 การทดลองขับขึ้นสู่ที่สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ตัวรถเซ็นไฟฟ้าสามารถรับน้ำหนักได้ ประมาณ 60 กิโลกรัม

4.1.2.1 การทดลอง

ให้คนที่มือน้ำหนักใกล้เคียงประมาณ 60 กิโลกรัม ทดลองใช้งานรถเซ็นไฟฟ้า

4.1.2.2 ผลการทดลอง

รถเซ็นไฟฟ้าสามารถเคลื่อนที่ไปได้ด้วยความเร็ว 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

4.1.3 ทดลองสัญญาณเตือนเมื่อตัวรถเคลื่อนที่ใกล้ชนสิ่งกีดขวาง

4.1.3.1 การทดลอง

ทำการทดลองเปิดสวิตช์เซ็นเซอร์แล้วถอยหลังรถเซ็นไฟฟ้าไปเรื่อยๆ จนกว่าจะเข้าใกล้สิ่งกีดขวาง

4.1.3.2 ผลการทดลอง

เซ็นเซอร์สามารถตรวจจับได้ระยะสูงสุดที่ 40 เมตร ขณะที่รถเคลื่อนที่เข้าใกล้กับสิ่งกีดขวางในระยะ 20 เมตร เซ็นเซอร์จะมีเสียงเตือนเป็นเสียงไซเรนและจะมีเสียงไปจนกว่าตัวรถเซ็นไฟฟ้าจะเคลื่อนที่ห่างจากสิ่งกีดขวางมากกว่า 20 เมตร

4.1.4 ระบบขอความช่วยเหลือและตัดวงจรการทำงานของตัวรถ เมื่อเกิดอุบัติเหตุเสียการทรงตัว

4.1.4.1 การทดลอง

ทำการทดลองให้ตัวรถเซ็นไฟฟ้าเอียงด้านข้างท่ามุม 10 องศา

4.1.4.2 ผลการทดลอง

ระบบขอความช่วยเหลือจะตัดวงจรภายในตัวรถเซ็นไฟฟ้าและส่งเสียงสัญญาณไซเรนขอความช่วยเหลือ

4.1.5 ระบบบอกแรงดันแบตเตอรี่ใช้งาน

4.1.5.1 การทดลอง

ทำการทดลองโดยต่อวงจรวัดระดับแรงดันแบตเตอรี่ เข้ากับแหล่งจ่ายและทดลองให้รถเซ็นไฟฟ้าวิ่งใช้งาน

4.1.5.2 ผลการทดลอง

ก่อนทำการทดลอง หลอด LED ติดทั้ง 3 ดวง ได้แก่ สีเขียว สีเหลือง และสีแดง เมื่อตัวรถเซ็นไฟฟ้าเคลื่อนที่ใช้งานระดับแรงดันแบตเตอรี่ลดลง หลอด LED จึงดับที่แรงดันไฟฟ้าต่างๆ ดังตาราง

ตารางที่ 4.1 ระดับแรงดันแบตเตอรี่

หลอด LED สี	ติดตั้งที่แรงดัน (โวลต์)	ดับที่แรงดัน (โวลต์)
เขียว	24	18
เหลือง	24	14
แดง	24	10

4.1.6 ระบบเบรกหยุดตัวรถแบบดรัมเบรก

4.1.6.1 การทดลอง

ทำการทดลองวิ่งที่ความเร็ว 5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ขณะที่มีโหลด 60 กิโลกรัม

4.1.6.2 ผลการทดลอง

ระยะทางที่ใช้ในการหยุดตัวรถเข็นไฟฟ้า 20 เซนติเมตร จากจุดที่เบรกไปจนถึงตัวรถเข็นไฟฟ้าหยุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุป

5.1 สรุป

ระบบขับเคลื่อนของรถสามล้อไฟฟ้า จะใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นตัวต้นกำลัง เนื่องจากสามารถควบคุมความเร็วและแรงบิดได้ง่าย มีการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วการควบคุมความเร็วนิยมใช้การควบคุมแรงดันที่อาร์เมเจอร์ (Armature Control) เพราะจะทำให้แรงบิดคงที่สำหรับย่านความเร็วสูงกว่าปกติจะอาศัยการควบคุมสนามแม่เหล็ก (Field Control) แต่ไม่นิยมทำกันเพราะจะทำให้แรงบิดลดลง ประสิทธิภาพของมอเตอร์ต่ำลง สำหรับวงจรควบคุมของรถสามล้อไฟฟ้าจะใช้วงจรดีซีชอปเปอร์ 4 ควอดแดรนต์

การควบคุมแบบดีซีชอปเปอร์เป็นวิธีที่ทำให้เกิดค่าสูญเสียน้อยอีกทั้งยังสามารถควบคุมควอดแดรนต์ จึงได้จัดสร้างชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แบบ 4 ควอดแดรนต์ โดยใช้มอสเฟตเป็นตัวสวิตช์ควบคุมแรงดันที่จ่ายให้ขดลวดอาร์เมเจอร์ ชุดขับนำเทคโนโลยี IC แบบ Hybrid IC Drive เบอร์ IR2110 เป็นตัวขับเคลื่อนของมอสเฟต ส่วนภาคกำเนิดสัญญาณพัลส์วิดมอดูเลชัน (PWM) จะใช้ TL494 เป็นตัวสร้างสัญญาณที่ระบบควบคุมโดยระบบควบคุมที่สร้างขึ้นนี้เป็นรูปเปิด

ผลการทดลองสามารถนำไปควบคุมความเร็วของรถสามล้อไฟฟ้าได้ โดยสามารถควบคุมความเร็วในย่านปกติความเร็วมอเตอร์ในทิศทางเดินรถไปข้างหน้า และถอยหลังได้

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

จากการดำเนินงานสร้างและทดสอบโครงงานพบว่ามีปัญหาเกิดขึ้น ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. ปัญหา ในการออกตัวเนื่องจากมอเตอร์ที่ใช้แรงบิดไม่ค่อยดีจึงออกตัวช้า

แนวทางการแก้ปัญหา ให้มอเตอร์ที่แรงบิดดีกว่านี้ถ้าลดน้ำหนักรถได้จะทำให้เร็วขึ้น

5.3 แนวทางการพัฒนา

1. ในการใช้ไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรี่จะทำให้น้ำหนักแบตเตอรี่มาถ่วงให้รถวิ่งช้าลง การพัฒนาใช้ระบบโซล่าเซลล์ในการจ่ายไฟฟ้าแต่ใช้ได้เฉพาะตอนมีแสงอาทิตย์แต่จะทำให้น้ำหนักรถลดลงและวิ่งได้เร็วขึ้นประหยัดพลังงานกว่าเดิม

บรรณานุกรม

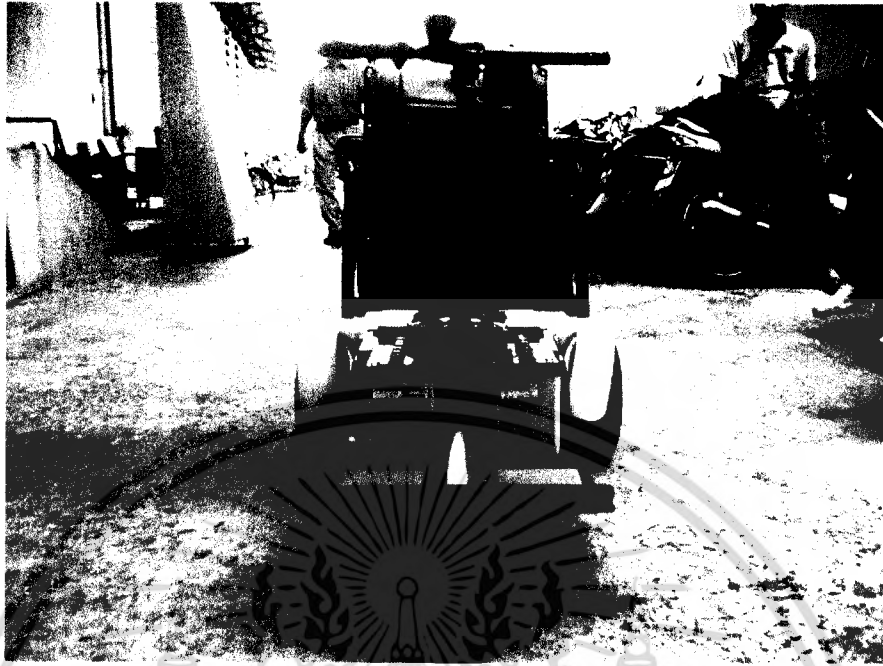
- เทพดินทร์ บริรักษ์ธำรวันท์และคณะ. 2543. "ชุดทดลองและการควบคุมดีซีมอเตอร์ด้วยสัญญาณพัลส์."
 ปริญญาานิพนธ์ครุศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม บัณฑิต
 วิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- โยธิน เปรมปราณีรัชต์. 2536. "ระบบเซอร์โวและอิเล็กทรอนิกส์คอนโทรลเลอร์." ภาควิชาวิศวกรรมระบบ
 ควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- สุรียัน ศรีสวัสดิ์กุล. 2539 **พจนานุกรมศัพท์วิศวกรรมไฟฟ้า-อิเล็กทรอนิกส์**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สกายบุ๊ก.



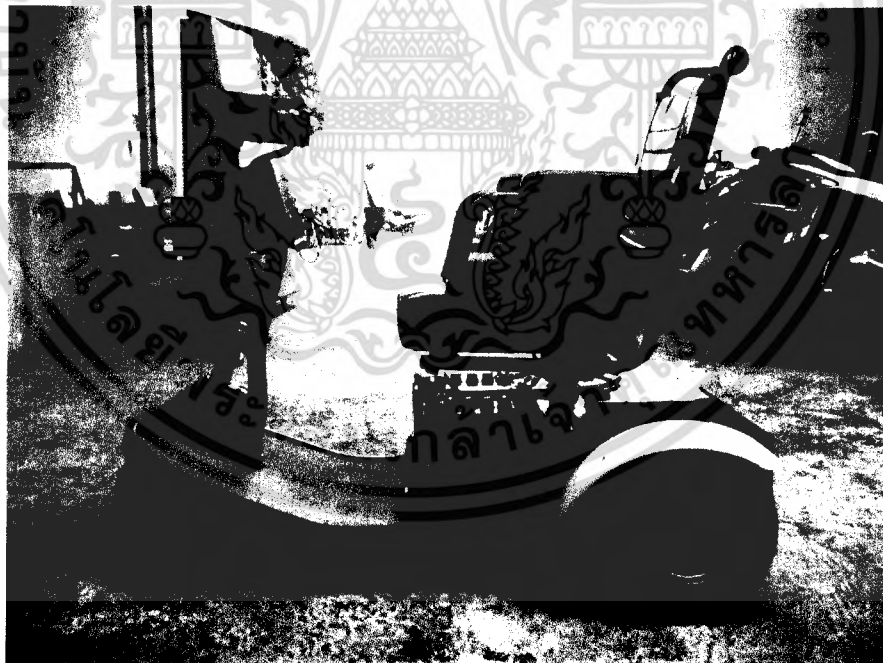
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.1 ด้านหน้าของรถเข็นไฟฟ้า



รูปที่ ก.2 ด้านข้างของรถเข็นไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.3 ด้านหลังของรถเข็นไฟฟ้า

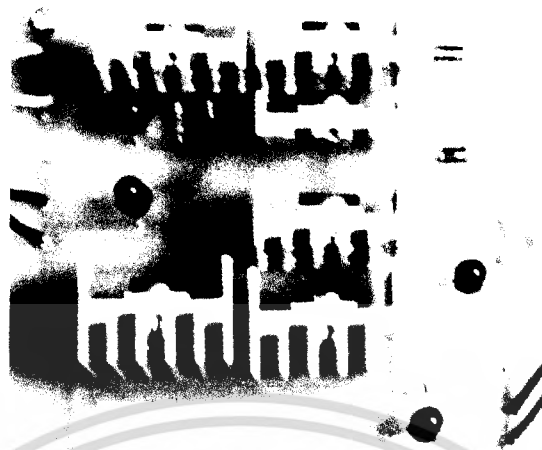
รูปที่ ก.4 ด้านบนของรถเข็นไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข
วงจรและวงจรมพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

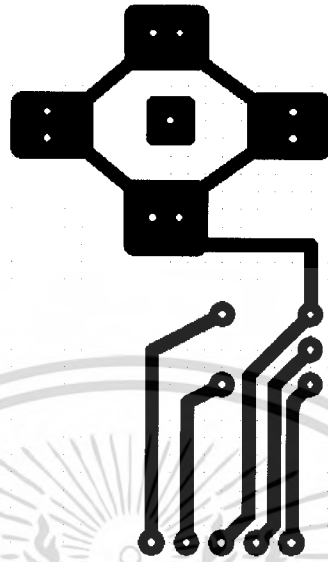


รูปที่ ข.3 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์บนแผ่นพิมพ์วงจรเรกูเรเตอร์

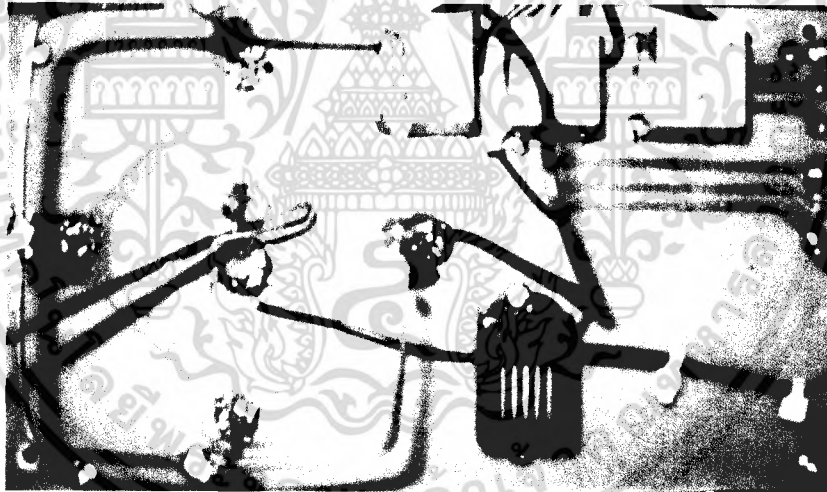


รูปที่ ข.4 วงจรขอความช่วยเหลือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

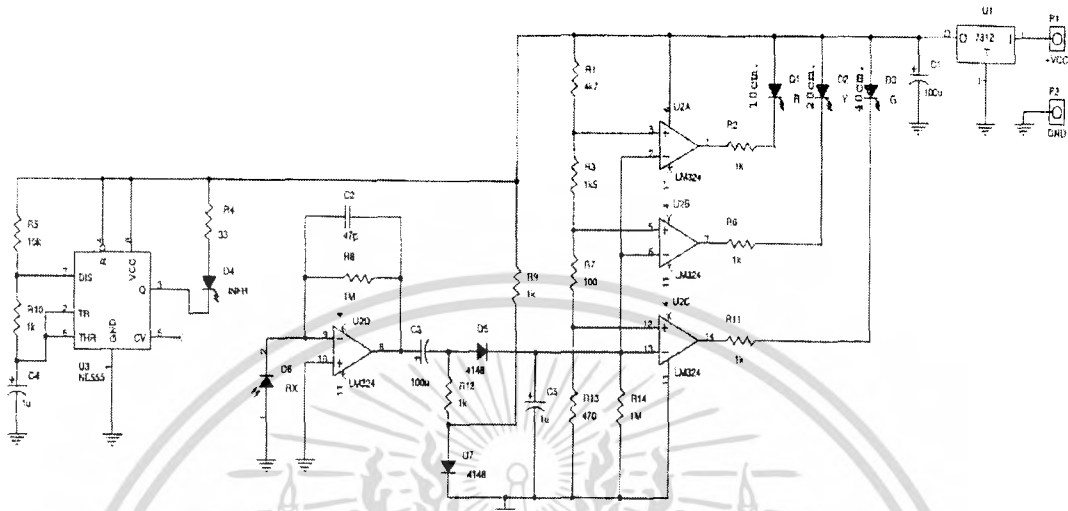


รูปที่ ข.5 แผ่นพิมพ์วงจรขอความช่วยเหลือ

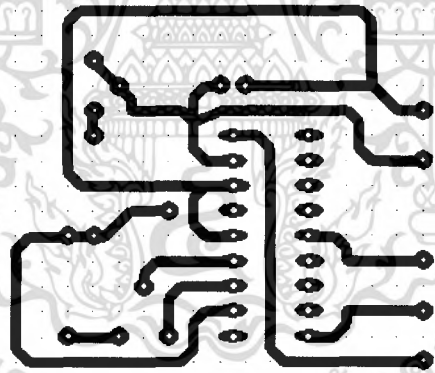


รูปที่ ข.6 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์บนแผ่นพิมพ์วงจรขอความช่วยเหลือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.7 วงจรช่วยถอยหลัง

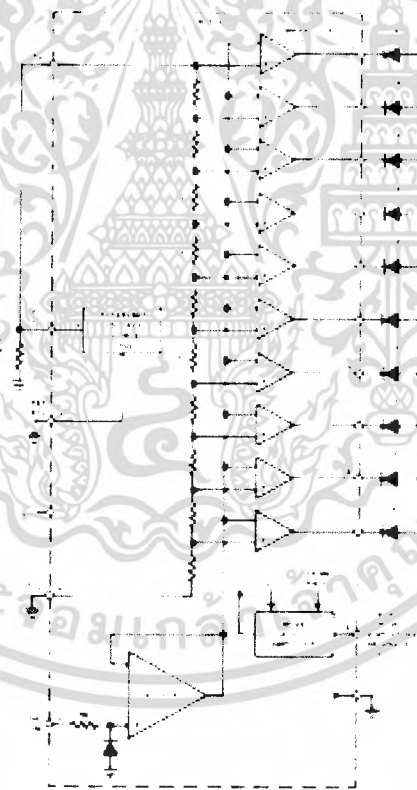


รูปที่ ข.8 แผ่นพิมพ์วงจรช่วยถอยหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

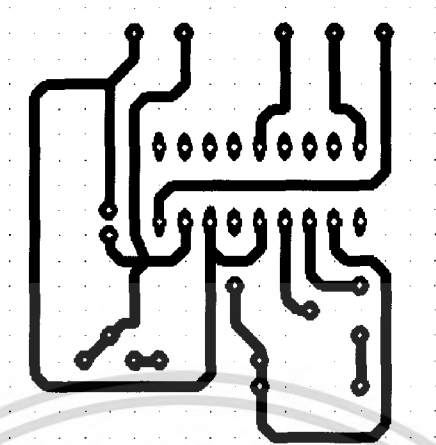


รูปที่ ข.9 การวางตำแหน่งอุปกรณ์บนแผ่นพิมพ์วงจรช่วยถอยหลัง

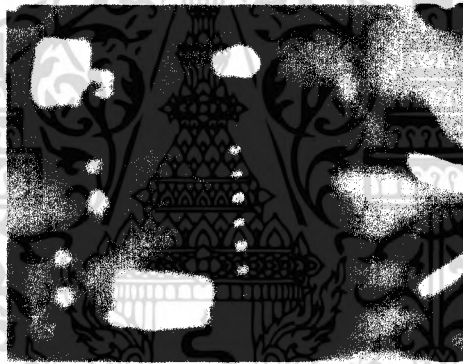


รูปที่ ข.10 วงจรวัดแรงดันแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

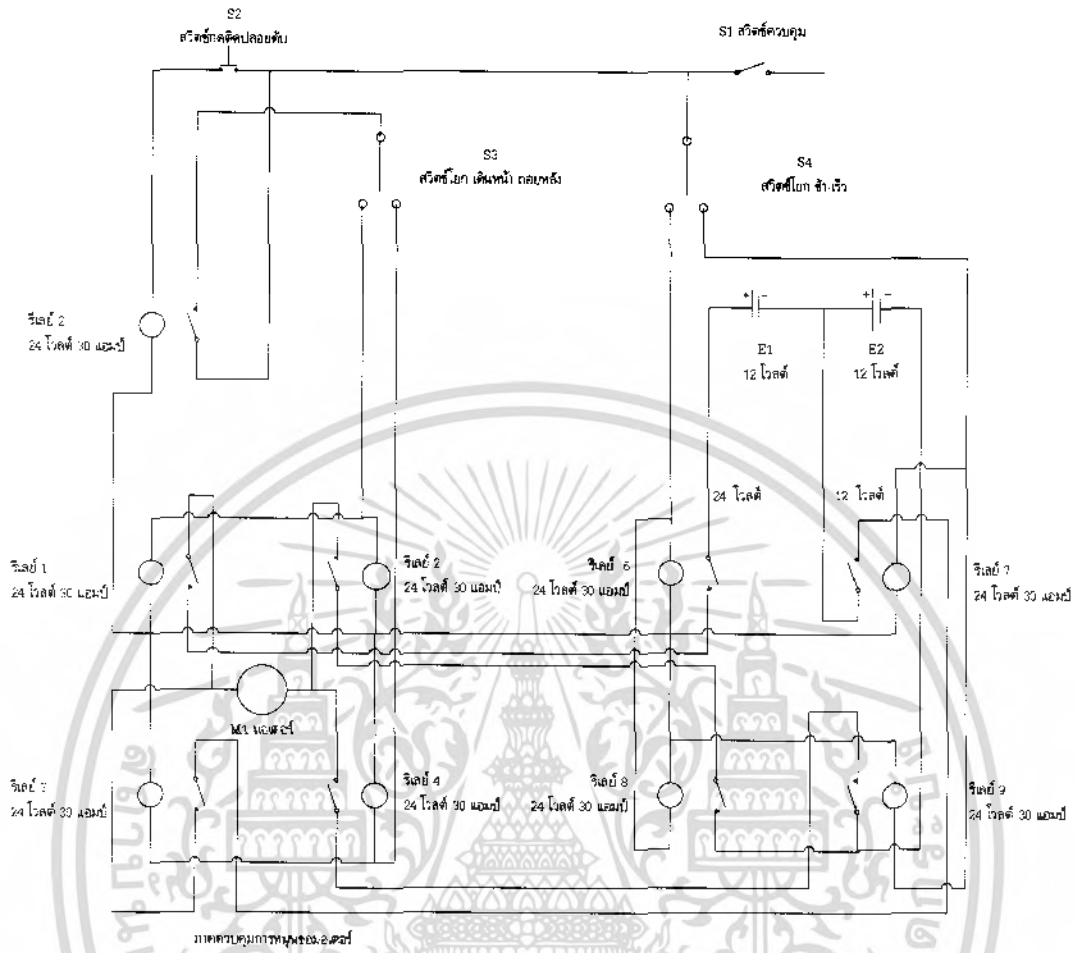


รูปที่ ข.11 แผ่นพิมพ์วงจรวัดแรงดันเบตเตอร์

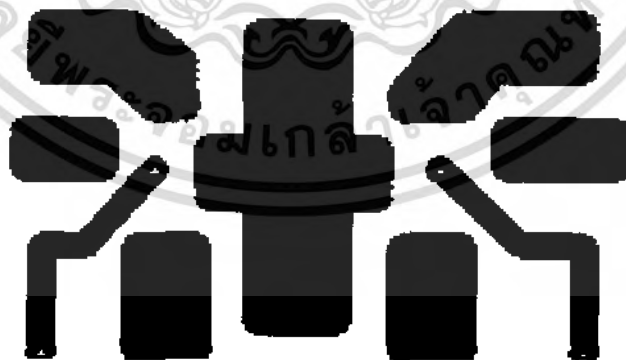


รูปที่ ข.12 การวางตำแหน่งอุปกรณ์บนแผ่นพิมพ์วงจรวัดแรงดันเบตเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

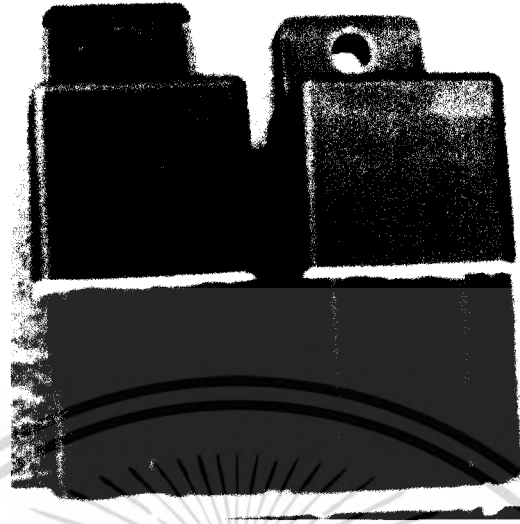


รูปที่ ข.13 วงจรขับมอเตอร์



รูปที่ ข.14 แผ่นพิมพ์วงจรขับมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.15 การวางตำแหน่งอุปกรณ์บนแผ่นพิมพ์วงจรขั้วมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ค
รายการอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 รายการอุปกรณ์ของวงจรเรกกูเรเตอร์

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
IC1,IC2,IC3,IC4	7812	4 ตัว
IC5,IC6	7805	2 ตัว
D1,D2	1N4001	2 ตัว
D2,D3,D4,D5,D6	LED	4 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R1,R2,R3	1 k Ω 1/4 W 5%	3 ตัว

ตารางที่ ค.2 รายการอุปกรณ์ของวงจรขอความช่วยเหลือ

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
อุปกรณ์อื่นๆ		
	ไซเรน 12 V	2 ตัว
	Relay 12-24 V	1 ตัว
	ฟิวส์ 5 A	2 ตัว

ตารางที่ ค.3 รายการอุปกรณ์ของวงจรช่วยถอยหลัง

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
U1	7812	1 ตัว
U2	LM324	1 ตัว
U3	NE555	1 ตัว
D1	LED สีแดง	1 ตัว
D2	LED สีเหลือง	1 ตัว
D3	LED สีเขียว	1 ตัว
D4	INFRARED ตัวส่ง	1 ตัว
D5,D7	1N4148	2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.3 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรช่วยถอยหลัง

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
D6	RX อินฟาเรดตัวรับ	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1,C3	100 uF/25V	2 ตัว
C2	47 pF/25V	1 ตัว
C4,C5	1 uF/25V	2 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R1	4.7 k Ω 1/4 5%	1 ตัว
R2,R6,R9,R10,R11,R12	1 k Ω 1/4 5%	6 ตัว
R3	1.5 k Ω 1/4 5%	1 ตัว
R4	33 Ω 1/4 5%	1 ตัว
R5	10 k Ω 1/4 5%	1 ตัว
R7	100 Ω 1/4 5%	1 ตัว
R8,R14	1 M Ω 1/4 5%	2 ตัว
R13	470 Ω 1/4 5%	1 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
P1,P2	ตาไก่ 1.3 มม.	2 ตัว
Relay1	Relay 3 V	1 ตัว
Relay2	Relay 12-24 V	1 ตัว
F1,F2	ฟิวส์ 5 A	2 ตัว
	บัฟเฟอร์ 24 V	1 ตัว

ตารางที่ ค.4 รายการอุปกรณ์ของวงจรวัดแรงดันแบตเตอรี่

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
U1	LM 3914	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.4 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรวัดแรงดันแบตเตอรี่

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
D1	LED	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1	2.2 μ F	1 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R1	200 Ω 1/4 W 5%	1 ตัว
R2	1 k Ω 1/4 W 1%	1 ตัว
R3	3.9 k Ω 1/4 W 1%	1 ตัว

ตารางที่ ค.5 รายการอุปกรณ์ของวงจรขับมอเตอร์

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
อุปกรณ์อื่นๆ		
S1	สวิตช์กุญแจ	1 ตัว
S2	สวิตช์กดติดปล่อยดับ	1 ตัว
S3,S4	สวิตช์โยก	2 ตัว
Relay1-9	Relay 24 V 30 A	9 ตัว
E1,E2	แบตเตอรี่ 12 V	2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

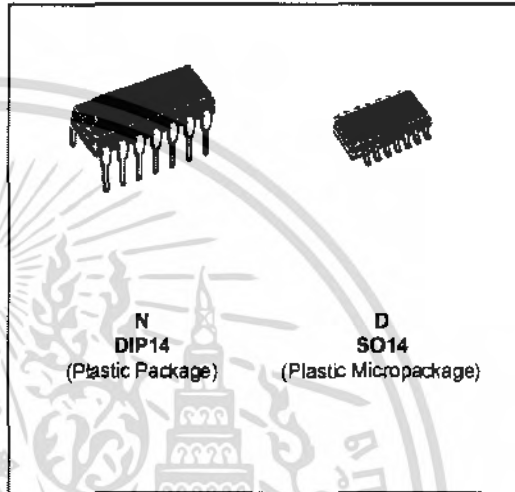


ภาคผนวก ง
รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LOW POWER QUAD OPERATIONAL AMPLIFIERS

- LARGE VOLTAGE GAIN : 100dB
- VERY LOW SUPPLY CURRENT/AMPLI : 375µA
- LOW INPUT BIAS CURRENT : 20nA
- LOW INPUT OFFSET VOLTAGE : 5mV max.
(for more accurate applications, use the equivalent parts LM124A-LM224A-LM324A which feature 3mV max)
- LOW INPUT OFFSET CURRENT : 2nA
- WIDE POWER SUPPLY RANGE :
SINGLE SUPPLY : +3V TO +30V
DUAL SUPPLIES : ±1.5V TO ±15V



DESCRIPTION

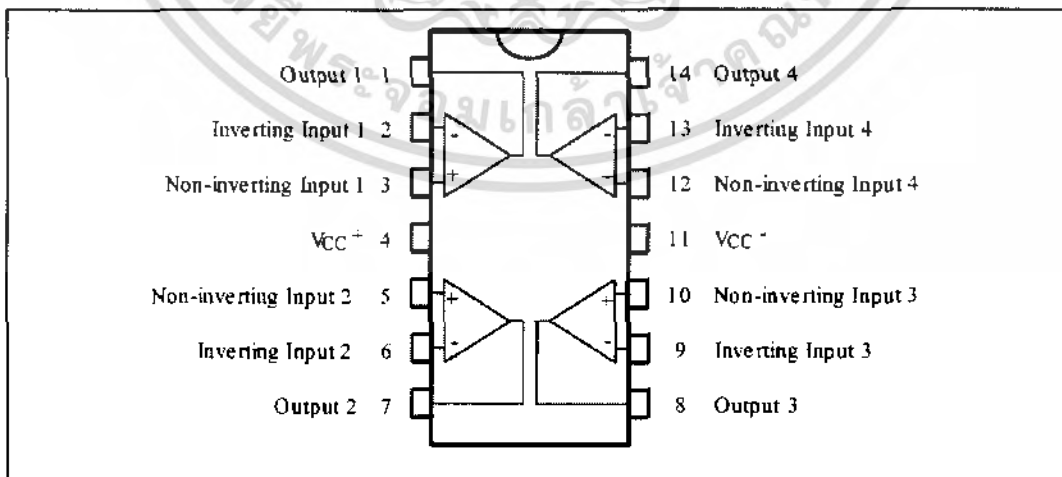
These circuits consist of four independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically for automotive and industrial control systems. They operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

ORDER CODES

Part Number	Temperature Range	Package	
		N	D
LM124	-55°C, +125°C	•	•
LM224	-40°C, +105°C	•	•
LM324	0°C, +70°C	•	•

Example : LM224N

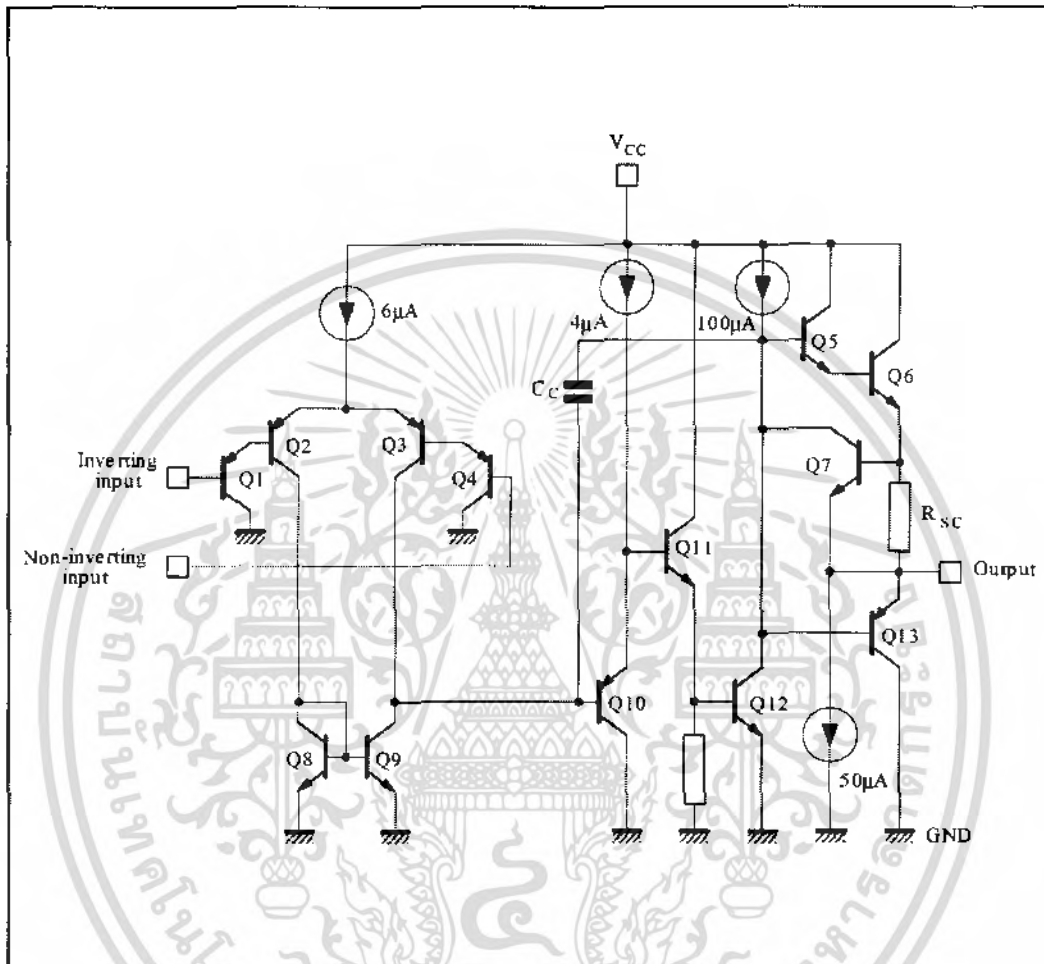
PIN CONNECTIONS (top view)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM124 - LM224 - LM324

SCHEMATIC DIAGRAM (1/4 LM124)



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	LM124	LM224	LM324	Unit
V_{cc}	Supply Voltage		± 16 or 32		V
V_i	Input Voltage		-0.3 to +32		V
V_{id}	Differential Input Voltage - (*)	+32	+32	+32	V
P_{tot}	Power Dissipation	500	500	500	mW
			400	400	mW
-	Output Short-circuit Duration - (note 1)	Infinite			
I_{in}	Input Current - (note 6)	50	50	50	mA
T_{oper}	Operating Free Air Temperature Range	-55 to +125	-40 to +105	0 to +70	$^{\circ}C$
T_{stg}	Storage Temperature Range	-65 to +150	-65 to +150	-65 to +150	$^{\circ}C$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

$V_{CC}^+ = +5V$, $V_{CC}^- = \text{Ground}$, $V_O = 1.4V$, $T_{\text{amb}} = +25^\circ\text{C}$ (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	LM124 - LM224 - LM324			Unit
		Min.	Typ.	Max.	
V_{io}	Input Offset Voltage (note 3) $T_{\text{amb}} = +25^\circ\text{C}$ $T_{\text{min.}} \leq T_{\text{amb}} \leq T_{\text{max.}}$ LM324 LM324		2	5 7 7 9	mV
I_{io}	Input Offset Current $T_{\text{amb}} = +25^\circ\text{C}$ $T_{\text{min.}} \leq T_{\text{amb}} \leq T_{\text{max.}}$		2	30 100	nA
I_{ib}	Input Bias Current (note 2) $T_{\text{amb}} = +25^\circ\text{C}$ $T_{\text{min.}} \leq T_{\text{amb}} \leq T_{\text{max.}}$		20	150 300	nA
A_{vd}	Large Signal Voltage Gain ($V_{CC}^+ = +15V$, $R_L = 2k\Omega$, $V_O = 1.4V$ to $11.4V$) $T_{\text{amb}} = +25^\circ\text{C}$ $T_{\text{min.}} \leq T_{\text{amb}} \leq T_{\text{max.}}$	50 25	100		V/mV
SVR	Supply Voltage Rejection Ratio ($R_S \leq 10k\Omega$) ($V_{CC}^+ = 5V$ to $30V$) $T_{\text{amb}} = +25^\circ\text{C}$ $T_{\text{min.}} \leq T_{\text{amb}} \leq T_{\text{max.}}$	85 85	110		dB
I_{CC}	Supply Current, all Amp, no load $T_{\text{amb}} = +25^\circ\text{C}$ $T_{\text{min.}} \leq T_{\text{amb}} \leq T_{\text{max.}}$ $V_{CC} = +5V$ $V_{CC} = +30V$ $V_{CC} = +5V$ $V_{CC} = +30V$		0.7 1.5 0.8 1.5	1.2 3 1.2 3	mA
V_{icm}	Input Common Mode Voltage Range ($V_{CC} = +30V$) - (note 4) $T_{\text{amb}} = +25^\circ\text{C}$ $T_{\text{min.}} \leq T_{\text{amb}} \leq T_{\text{max.}}$	0 0		$V_{CC} - 1.5$ $V_{CC} - 2$	V
CMR	Common-mode Rejection Ratio ($R_S \leq 10k\Omega$) $T_{\text{amb}} = +25^\circ\text{C}$ $T_{\text{min.}} \leq T_{\text{amb}} \leq T_{\text{max.}}$	70 60	80		dB
I_{source}	Output Current Source ($V_{id} = +1V$) $V_{CC} = +15V$, $V_O = +2V$	20	40		mA
I_{sink}	Output Sink Current ($V_{id} = -1V$) $V_{CC} = +15V$, $V_O = +2V$ $V_{CC} = +15V$, $V_O = +0.2V$	10 12	20 50		mA μA
I_o	Short Circuit to Ground $V_{CC} = +15V$		40	60	mA

124-03.TBL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

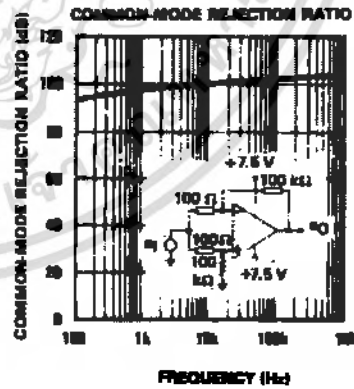
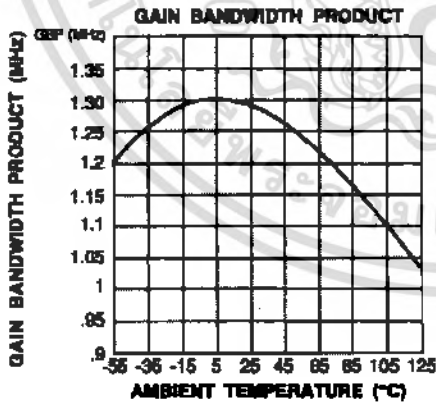
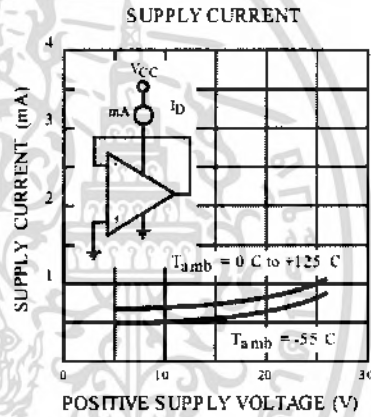
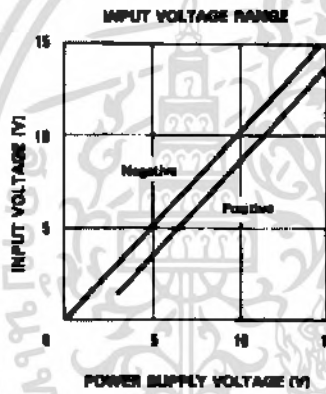
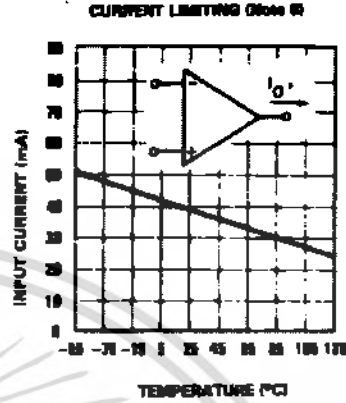
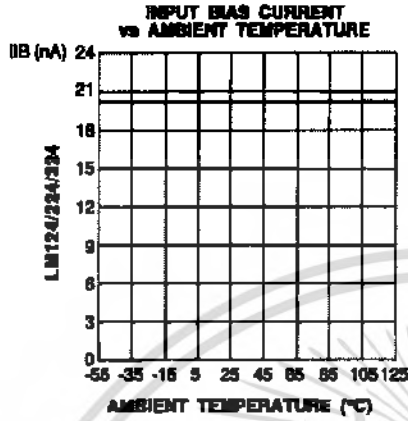
LM124 - LM224 - LM324

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

Symbol	Parameter	LM124 - LM224 - LM324			Unit
		Min.	Typ.	Max.	
V _{OH}	High Level Output Voltage (V _{CC} = +30V) T _{amb} = +25°C T _{min.} ≤ T _{amb} ≤ T _{max.} R _L = 2kΩ	26	27		V
		26			
	R _L = 10kΩ T _{amb} = +25°C T _{min.} ≤ T _{amb} ≤ T _{max.} (V _{CC} = +5V, R _L = 2kΩ)	27	28		
		27			
	T _{amb} = +25°C T _{min.} ≤ T _{amb} ≤ T _{max.}	3.5			
		3			
V _{OL}	Low Level Output Voltage (R _L = 10kΩ) T _{amb} = +25°C T _{min.} ≤ T _{amb} ≤ T _{max.}		5	20	mV
				20	
SR	Slew Rate V _{CC} = 15V, V _I = 0.5 to 3V, R _L = 2kΩ, C _L = 100pF, T _{amb} = +25°C, unity gain)		0.4		V/μs
GBP	Gain Bandwidth Product V _{CC} = 30V, f = 100kHz, T _{amb} = +25°C, V _{in} = 10mV R _L = 2kΩ, C _L = 100pF		1.3		MHz
THD	Total Harmonic Distortion f = 1kHz, A _V = 20dB, R _L = 2kΩ, V _O = 2V _{pp} C _L = 100pF, T _{amb} = +25°C, V _{CC} = 30V		0.015		%
e _n	Equivalent Input Noise Voltage f = 1kHz, R _s = 100Ω, V _{CC} = 30V		40		$\frac{\mu\text{V}}{\sqrt{\text{Hz}}}$
DV _{io}	Input Offset Voltage Drift		7	30	μV/°C
D _{io}	Input Offset Current Drift		10	200	pA/°C
V _{O1/V_{O2}}	Channel Separation (note 5) 1kHz ≤ f ≤ 20kHz		120		dB

- Notes :
- Short-circuits from the output to V_{CC} can cause excessive heating if V_{CC} > 15V. The maximum output current is approximately 40mA independent of the magnitude of V_{CC}. Destructive dissipation can result from simultaneous short-circuit on all amplifiers.
 - The direction of the input current is out of the IC. This current is essentially constant, independent of the state of the output so no loading change exists on the input lines.
 - V_O = 1.4V, R_s = 0Ω, 5V < V_{CC} < 30V, 0 < V_{ie} < V_{CC} - 1.5V
 - The input common-mode voltage of either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3V. The upper end of the common-mode voltage range is V_{CC} - 1.5V, but either or both inputs can go to +32V without damage.
 - Due to the proximity of external components insure that coupling is not originating via stray capacitance between these external parts. This typically can be detected as this type of capacitance increases at higher frequencies.
 - This input current only exists when the voltage at any of the input leads is driven negative. It is due to the collector-base junction of the input PNP transistor becoming forward biased and thereby acting as input diodes clamps. In addition to this diode action, there is also NPN parasitic action on the IC chip. This transistor action can cause the output voltages of the Op-amps to go to the V_{CC} voltage level (or to ground for a large overdrive) for the time duration than an input is driven negative. This is not destructive and normal output will set up again for input voltage higher than -0.3V.

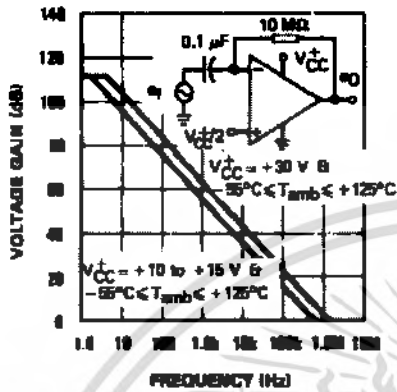
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



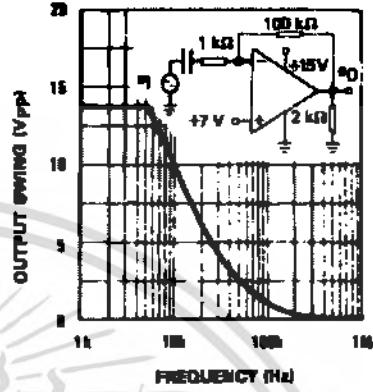
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM124 - LM224 - LM324

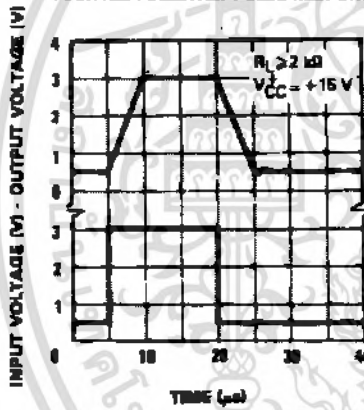
OPEN LOOP FREQUENCY RESPONSE



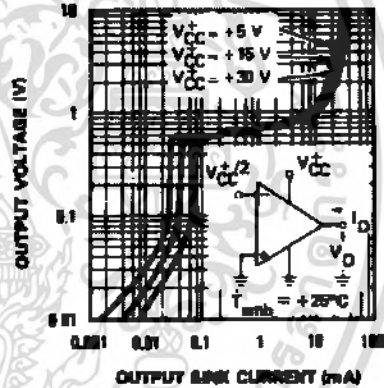
LARGE SIGNAL FREQUENCY RESPONSE



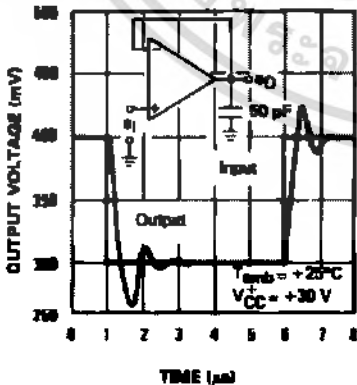
VOLTAGE FOLLOWER PULSE RESPONSE



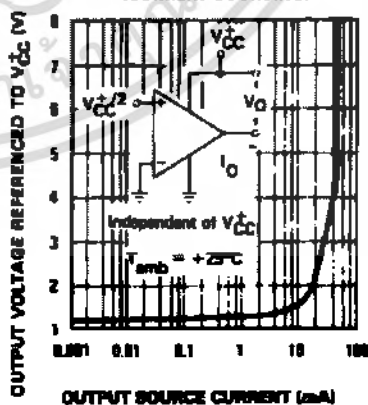
OUTPUT CHARACTERISTICS (CURRENT SINKING)



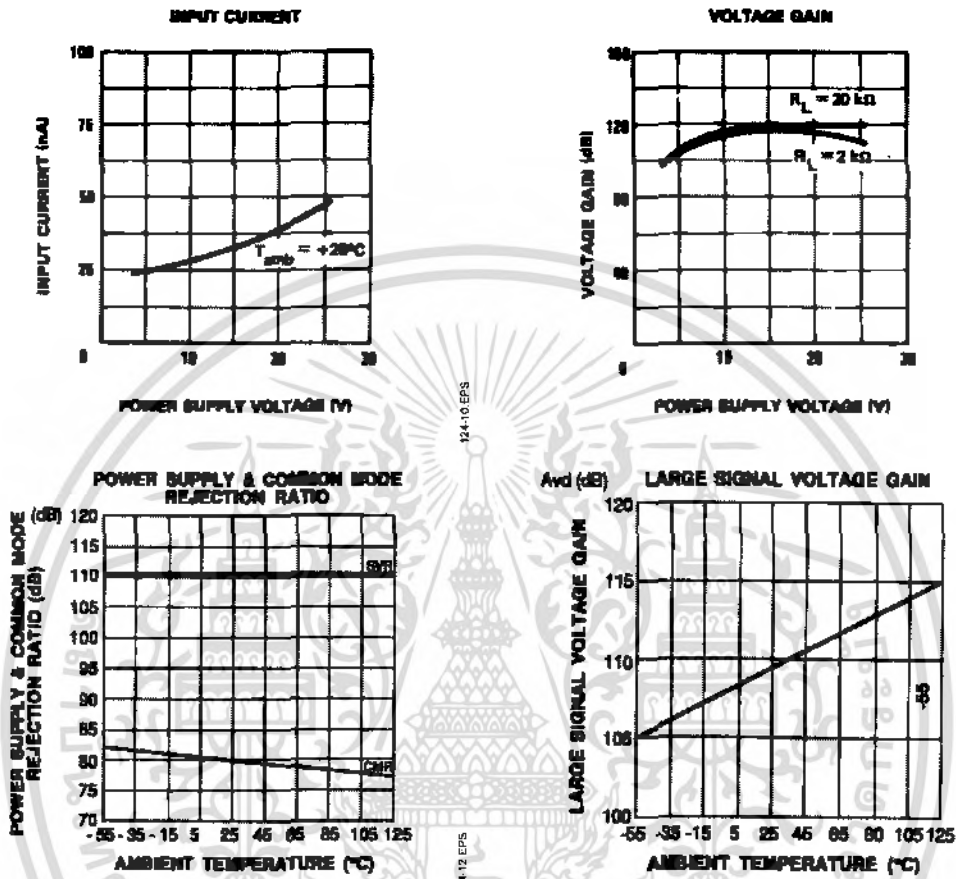
VOLTAGE FOLLOWER PULSE RESPONSE (SMALL SIGNAL)



OUTPUT CHARACTERISTICS (CURRENT SOURCING)

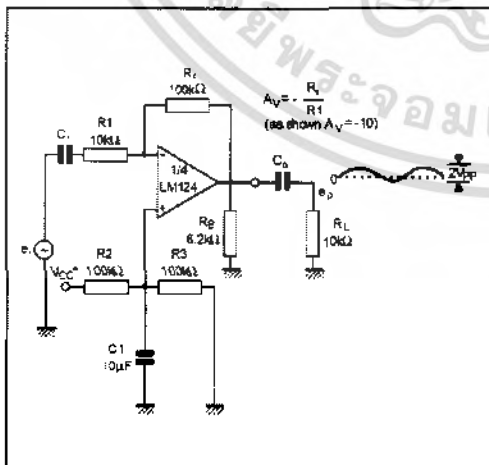


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

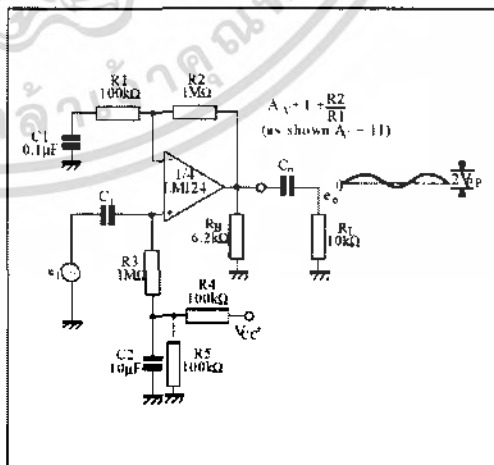


TYPICAL SINGLE - SUPPLY APPLICATIONS

AC COUPLED INVERTING AMPLIFIER



AC COUPLED NON-INVERTING AMPLIFIER

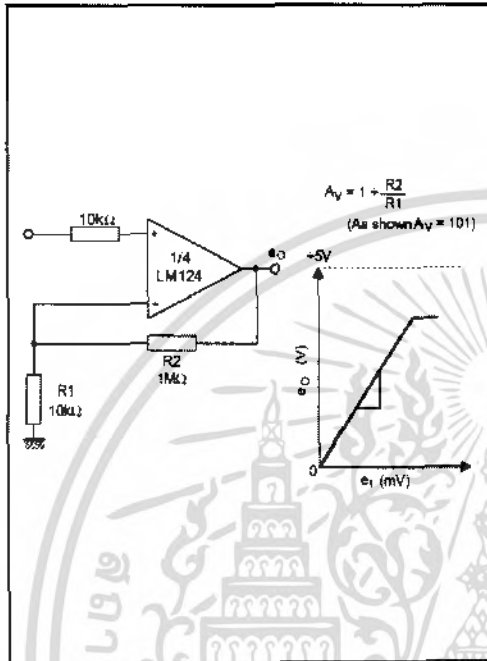


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

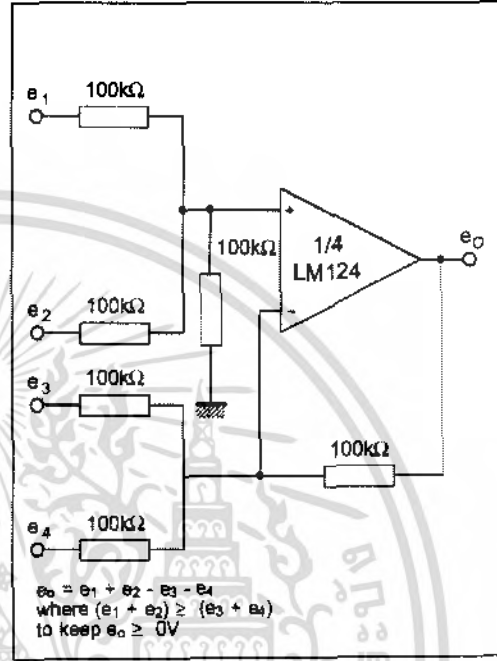
LM124 - LM224 - LM324

TYPICAL SINGLE - SUPPLY APPLICATIONS

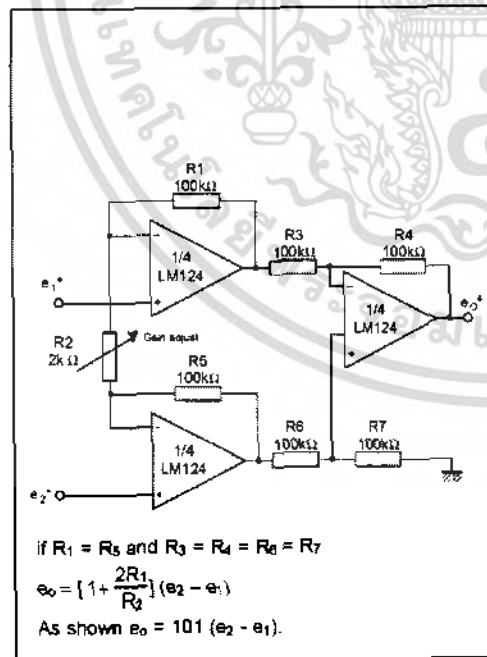
NON-INVERTING DC GAIN



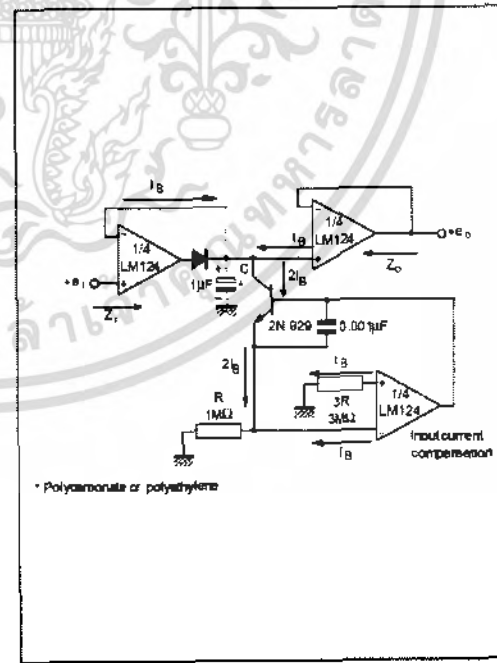
DC SUMMING AMPLIFIER



HIGH INPUT Z ADJUSTABLE GAIN DC INSTRUMENTATION AMPLIFIER



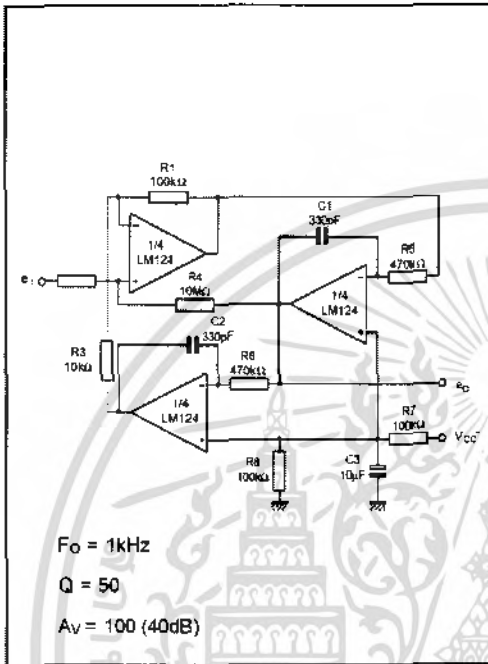
LOW DRIFT PEAK DETECTOR



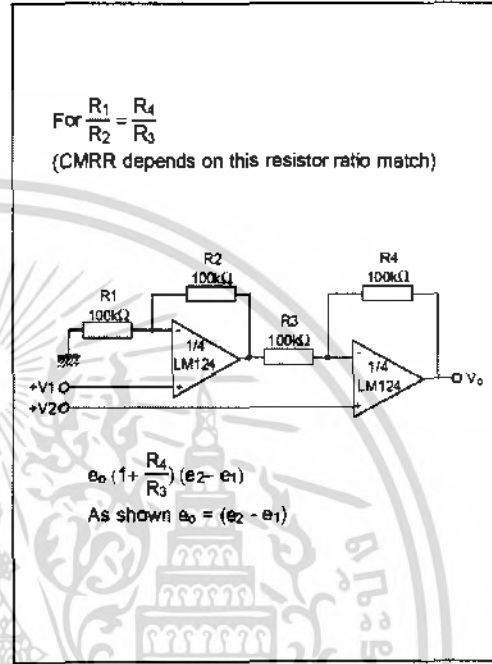
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL SINGLE - SUPPLY APPLICATIONS

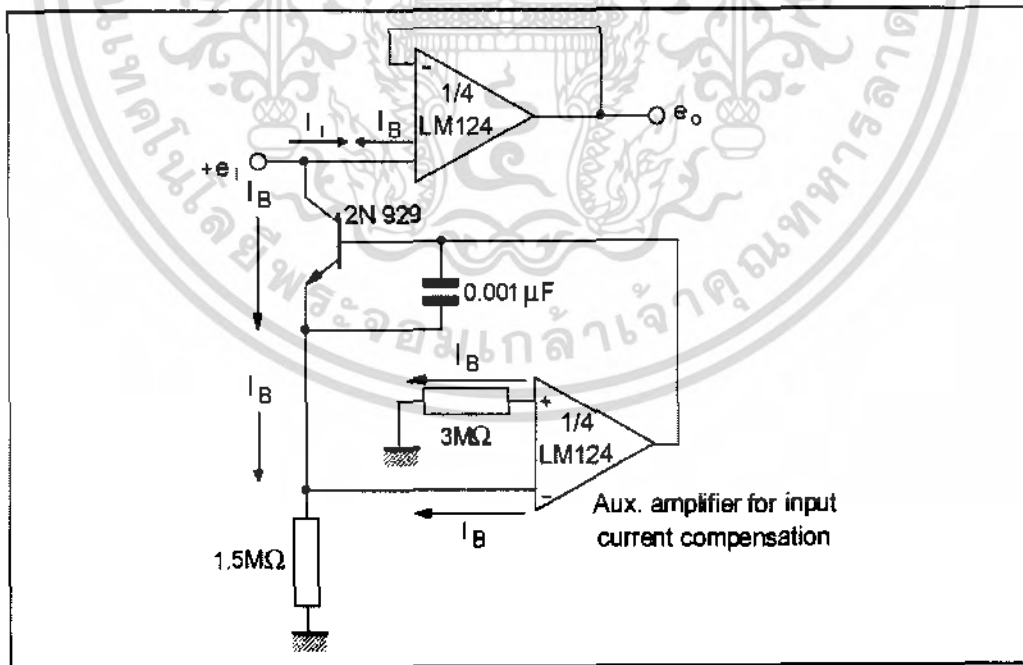
ACTIVER BANDPASS FILTER



HIGH INPUT Z, DC DIFFERENTIAL AMPLIFIER

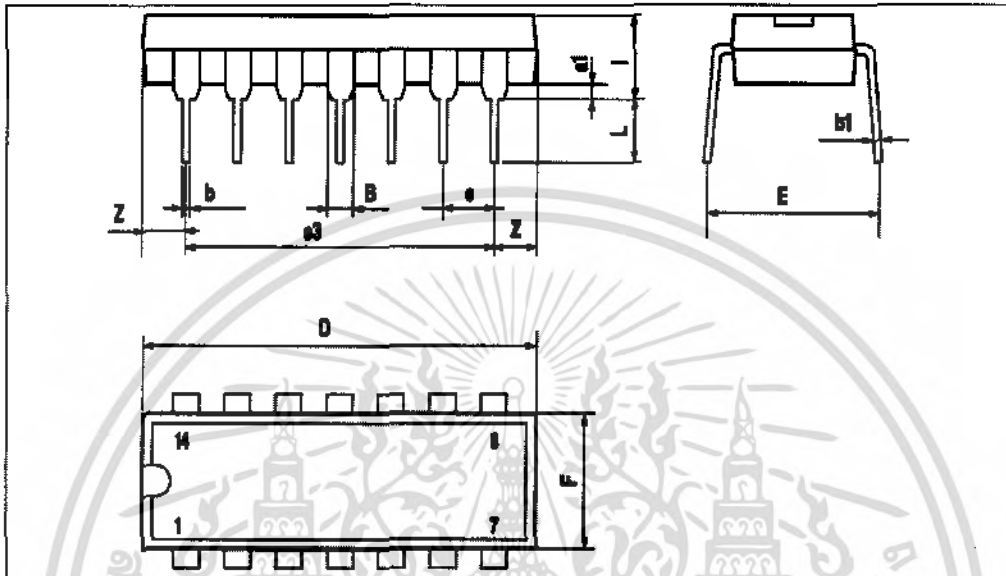


USING SYMMETRICAL AMPLIFIERS TO REDUCE INPUT CURRENT (GENERAL CONCEPT)



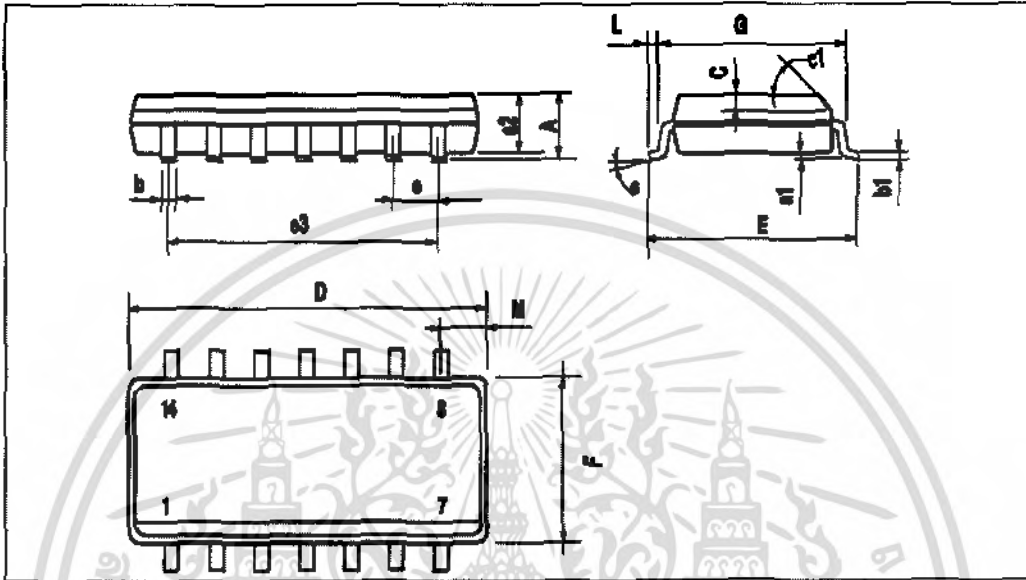
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM124 - LM224 - LM324

PACKAGE MECHANICAL DATA
14 PINS - PLASTIC DIP

Dimensions	Millimeters			Inches		
	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.
a1	0.51			0.020		
B	1.39		1.65	0.055		0.065
b		0.5			0.020	
b1		0.25			0.010	
D			20			0.787
E		8.5			0.335	
e		2.54			0.100	
e3		15.24			0.600	
F			7.1			0.280
i			5.1			0.201
L		3.3			0.130	
Z	1.27		2.54	0.050		0.100

PACKAGE MECHANICAL DATA
14 PINS - PLASTIC MICROPACKAGE (SO)



Dimensions	Millimeters			Inches		
	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.
A			1.75			0.069
a1	0.1		0.2	0.004		0.008
a2			1.6			0.063
b	0.35		0.46	0.014		0.018
b1	0.19		0.25	0.007		0.010
C		0.5			0.020	
c1			45° (typ.)			
D	8.55		8.75	0.336		0.334
E	5.8		6.2	0.228		0.244
e		1.27			0.050	
e3		7.62			0.300	
F	3.8		4.0	0.150		0.157
G	4.6		5.3	0.181		0.208
L	0.5		1.27	0.020		0.050
M			0.68			0.027
S			8° (max.)			

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

© 1986 SGS-THOMSON Microelectronics - Printed in Italy - All Rights Reserved

SGS-THOMSON Microelectronics GROUP OF COMPANIES
Australia - Brazil - Canada - China - France - Germany - Hong Kong - Italy - Japan - Korea - Malaysia - Malta - Morocco
The Netherlands - Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - Taiwan - Thailand - United Kingdom - U.S.A.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
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 $\frac{1}{4}\%$, 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.

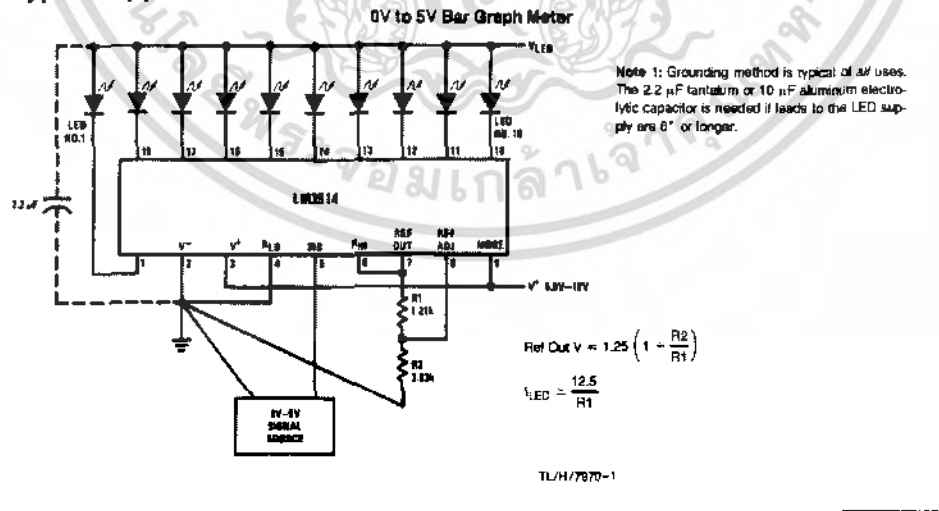
The LM3914 is rated for operation from 0°C to +70°C. The LM3914N is available in an 18-lead molded (N) package.

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-collector
- 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



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

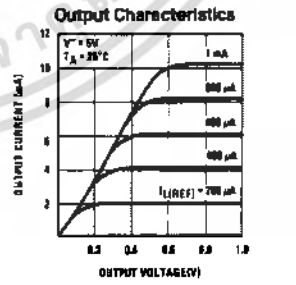
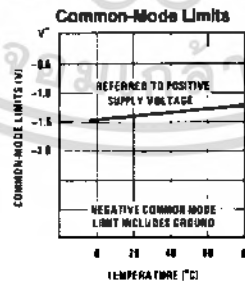
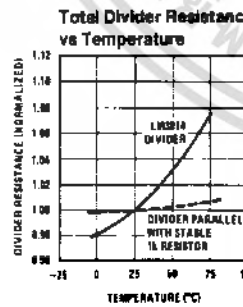
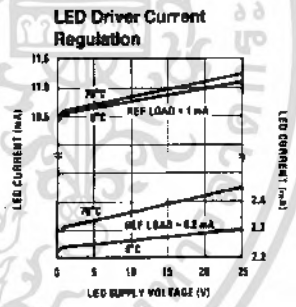
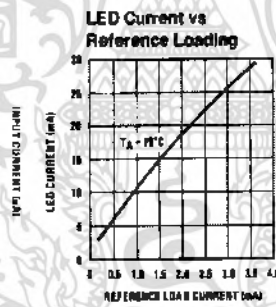
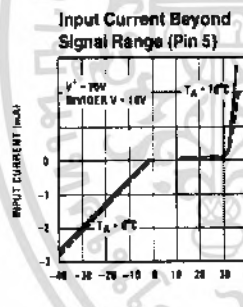
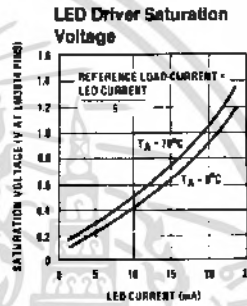
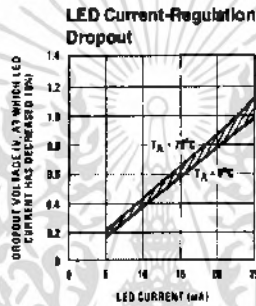
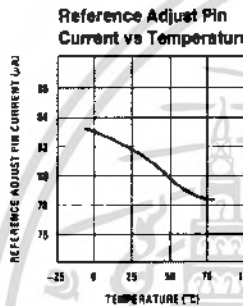
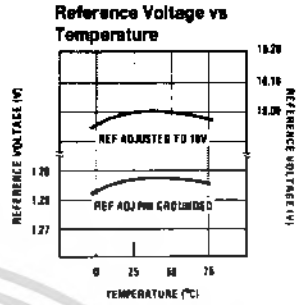
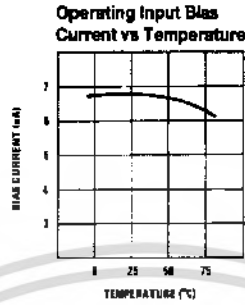
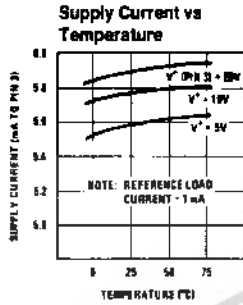
Absolute Maximum Ratings					
If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.			Storage Temperature Range		
Power Dissipation (Note 5)			-55°C to +150°C		
Molded DIP (N)	1385 mW	Soldering Information			
Supply Voltage	25V	Dual-In-Line Package			
Voltage on Output Drivers	25V	Soldering (10 seconds)			
Input Signal Overvoltage (Note 3)	±35V	Plastic Chip Carrier Package			
Divider Voltage	-100 mV to V+	Soldering (10 seconds)			
Reference Load Current	10 mA	Vapor Phase (60 seconds)			
		Infrared (15 seconds)			
		See AN-455 "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	$0V \leq V_{RLO} = V_{RHI} \leq 12V$, $I_{LED} = 1 mA$		3	10	mV
Offset Voltage, Buffer and Any Other Comparator	$0V \leq V_{RLO} = V_{RHI} \leq 12V$, $I_{LED} = 1 mA$		3	15	mV
Gain ($\Delta I_{LED}/\Delta V_{IN}$)	$I_{L(REF)} = 2 mA$, $I_{LED} = 10 mA$	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	$0.1 mA \leq I_{L(REF)} \leq 4 mA$, $V+ = V_{LED} = 5V$	1.2	1.28	1.34	V
Line Regulation	$3V \leq V+ \leq 18V$		0.01	0.03	%/V
Load Regulation	$0.1 mA \leq I_{L(REF)} \leq 4 mA$, $V+ = V_{LED} = 5V$		0.4	2	%
Output Voltage Change with Temperature	$0^\circ C \leq T_A \leq +70^\circ C$, $I_{L(REF)} = 1 mA$, $V+ = 5V$		1		%
Adjust Pin Current			75	120	μA
OUTPUT DRIVERS					
LED Current	$V+ = V_{LED} = 5V$, $I_{L(REF)} = 1 mA$	7	10	13	mA
LED Current Difference (Between Largest and Smallest LED Currents)	$V_{LED} = 5V$	$I_{LED} = 2 mA$	0.12	0.4	mA
		$I_{LED} = 20 mA$	1.2	3	
LED Current Regulation	$2V \leq V_{LED} \leq 17V$	$I_{LED} = 2 mA$	0.1	0.25	mA
		$I_{LED} = 20 mA$	1	3	
Dropout Voltage	$I_{LED(ON)} = 20 mA$, $V_{LED} = 5V$, $\Delta I_{LED} = 2 mA$			1.5	V
Saturation Voltage	$I_{LED} = 2.0 mA$, $I_{L(REF)} = 0.4 mA$		0.15	0.4	V
Output Leakage, Each Collector	(Bar Mode) (Note 4)		0.1	10	μA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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)	$V^+ = 5\text{V}$, $I_{L(REF)} = 0.2\text{ mA}$		2.4	4.2	mA	
	$V^+ = 20\text{V}$, $I_{L(REF)} = 1.0\text{ mA}$		6.1	9.2	mA	
<p>Note 1: Unless otherwise stated, all specifications apply with the following conditions: $3\text{ V}_{DC} \leq V^+ \leq 20\text{ V}_{DC}$ $V_{REF}, V_{RH}, V_{RLO} \leq (V^+ - 1.5\text{V})$ $3\text{ V}_{DC} \leq V_{LED} \leq V^+$ $0\text{V} \leq V_{IN} \leq V^+ - 1.5\text{V}$ $-0.015\text{V} \leq V_{RLO} \leq 12\text{ V}_{DC}$ $T_A = +25^\circ\text{C}$, $I_{L(REF)} = 0.2\text{ mA}$, $V_{LED} = 3.0\text{V}$, pin 9 connected to pin 3 (Bar Mode). $-0.015\text{V} \leq V_{RH} \leq 12\text{ V}_{DC}$</p> <p>For higher power dissipation, pulse testing is used.</p> <p>Note 2: Accuracy is measured referred to $\pm 10,000\text{ V}_{DC}$ at pin 5, with 0.000 V_{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 $30\text{ k}\Omega$ 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>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>Adjust Pin Current: Current flowing out of the reference adjust pin when the reference amplifier is in the linear region.</p>			<p>Line Regulation: The average change in reference output voltage over the specified range of supply voltage (V^+).</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>Load Regulation: The change in reference output voltage (V_{REF}) over the specified range of load current ($I_{L(REF)}$).</p>			
<p>Dropout Voltage: The voltage measured at the current source outputs required to make the output current fall by 10%.</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>			
<p>Input Bias Current: Current flowing out of the signal input when the input buffer is in the linear region.</p>						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

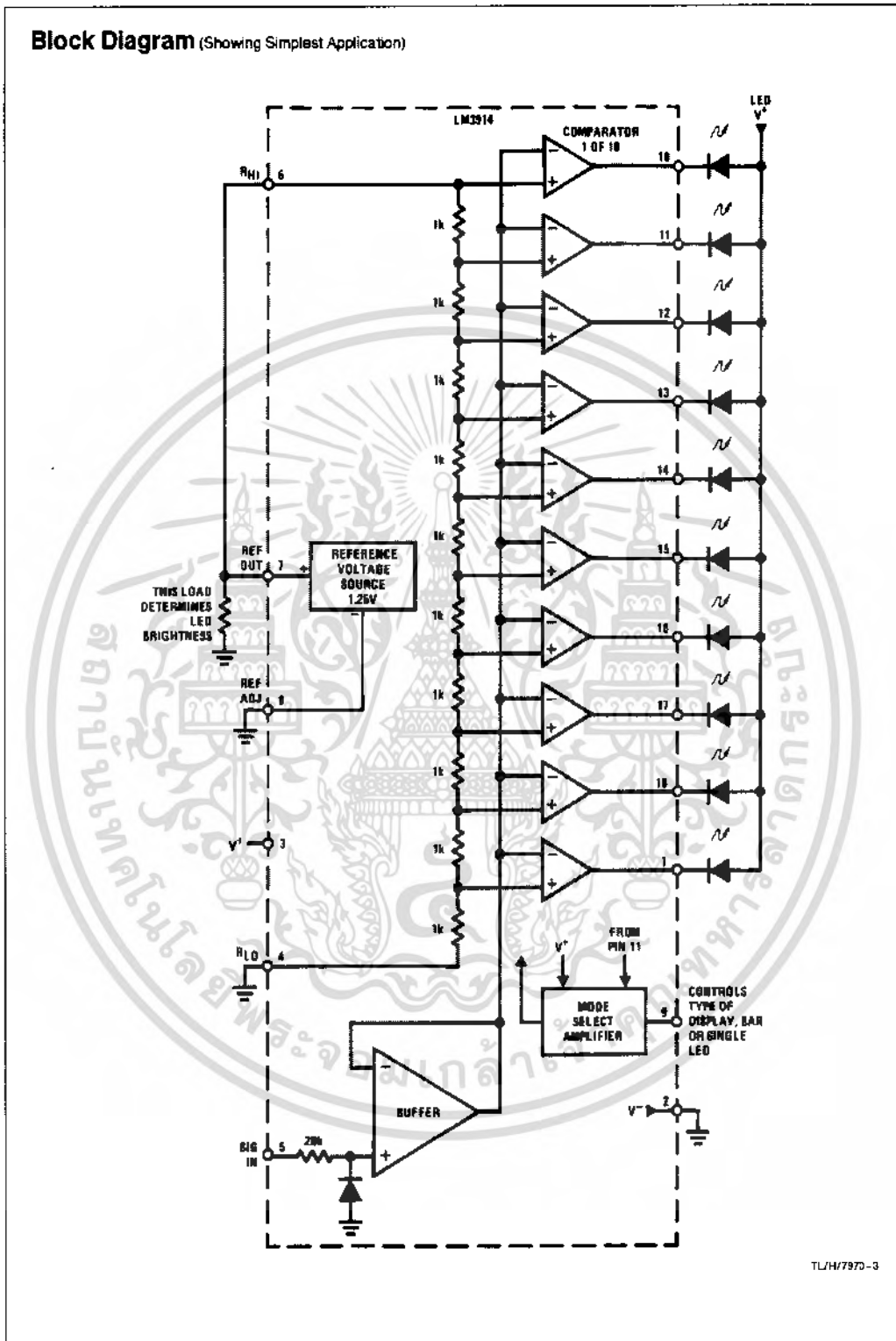
Typical Performance Characteristics



TL/H/7870-2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram (Showing Simplest Application)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

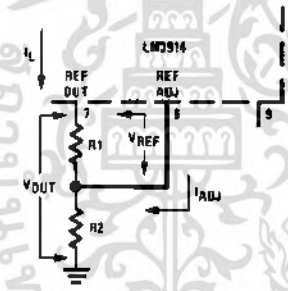
Functional Description

The simplified LM3914 block diagram is to give the general idea of the circuit's operation. A high input impedance buffer operates with signals from ground to 12V, and is protected against reverse and overvoltage signals. The signal is then applied to a series of 10 comparators; each of which is biased to a different comparison level by the resistor string. In the example illustrated, the resistor string is connected to the internal 1.25V reference voltage. In this case, for each 125 mV that the input signal increases, a comparator will switch on another indicating LED. This resistor divider can be connected between any 2 voltages, providing that they are 1.5V below V⁺ and no less than V⁻. If an expanded scale meter display is desired, the total divider voltage can be as little as 200 mV. Expanded-scale meter displays are more accurate and the segments light uniformly only if bar mode is used. At 50 mV or more per step, dot mode is usable.

INTERNAL VOLTAGE REFERENCE

The reference is designed to be adjustable and develops a nominal 1.25V between the REF OUT (pin 7) and REF ADJ (pin 8) terminals. The reference voltage is impressed across program resistor R1 and, since the voltage is constant, a constant current I₁ then flows through the output set resistor R2 giving an output voltage of:

$$V_{OUT} = V_{REF} \left(1 + \frac{R2}{R1} \right) + I_{ADJ} R2$$



TL/H/7970-4

Since the 120 μA current (max) from the adjust terminal represents an error term, the reference was designed to minimize changes of this current with V⁺ and load changes.

CURRENT PROGRAMMING

A feature not completely illustrated by the block diagram is the LED brightness control. The current drawn out of the reference voltage pin (pin 7) determines LED current. Approximately 10 times this current will be drawn through each lighted LED, and this current will be relatively constant de-

spite supply voltage and temperature changes. Current drawn by the internal 10-resistor divider, as well as by the external current and voltage-setting divider should be included in calculating LED drive current. The ability to modulate LED brightness with time, or in proportion to input voltage and other signals can lead to a number of novel displays or ways of indicating input overvoltages, alarms, etc.

MODE PIN USE

Pin 9, the Mode Select input controls chaining of multiple LM3914s, and controls bar or dot mode operation. The following tabulation shows the basic ways of using this input. Other more complex uses will be illustrated in the applications.

Bar Graph Display: Wire Mode Select (pin 9) directly to pin 3 (V⁺ pin).

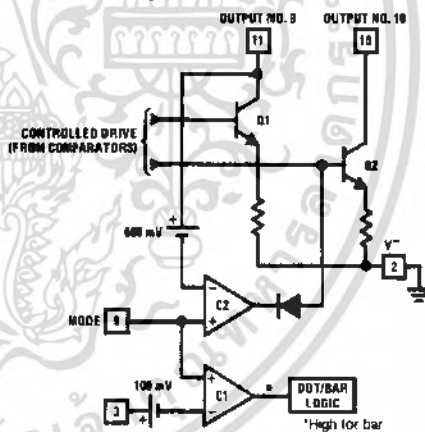
Dot Display, Single LM3914 Driver: Leave the Mode Select pin open circuit.

Dot Display, 20 or More LEDs: Connect pin 9 of the first driver in the series (i.e., the one with the lowest input voltage comparison points) to pin 1 of the next higher LM3914 driver. Continue connecting pin 9 of lower input drivers to pin 1 of higher input drivers for 30, 40, or more LED displays. The last LM3914 driver in the chain will have pin 9 wired to pin 11. All previous drivers should have a 20k resistor in parallel with LED No. 9 (pin 11 to V_{LED}).

Mode Pin Functional Description

This pin actually performs two functions. Refer to the simplified block diagram below.

Block Diagram of Mode Pin Function



TL/H/7970-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mode Pin Functional Description (Continued)

DOT OR BAR MODE SELECTION

The voltage at pin 9 is sensed by comparator C1, nominally referenced to $(V^+ - 100\text{ mV})$. The chip is in bar mode when pin 9 is above this level; otherwise it's in dot mode. The comparator is designed so that pin 9 can be left open circuit for dot mode.

Taking into account comparator gain and variation in the 100 mV reference level, pin 9 should be no more than 20 mV below V^+ for bar mode and more than 200 mV below V^+ (or open circuit) for dot mode. In most applications, pin 9 is either open (dot mode) or tied to V^+ (bar mode). In bar mode, pin 9 should be connected directly to pin 3. Large currents drawn from the power supply (LED current, for example) should not share this path so that large IR drops are avoided.

DOT MODE CARRY

In order for the display to make sense when multiple LM3914s are cascaded in dot mode, special circuitry has been included to shut off LED No. 10 of the first device when LED No. 1 of the second device comes on. The connection for cascading in dot mode has already been described and is depicted below.

As long as the input signal voltage is below the threshold of the second LM3914, LED No. 11 is off. Pin 9 of LM3914 No. 1 thus sees effectively an open circuit so the chip is in dot mode. As soon as the input voltage reaches the threshold of LED No. 11, pin 9 of LM3914 No. 1 is pulled an LED drop (1.5V or more) below V_{LED} . This condition is sensed by comparator C2, referenced 600 mV below V_{LED} . This forces the output of C2 low, which shuts off output transistor Q2, extinguishing LED No. 10.

V_{LED} is sensed via the 20k resistor connected to pin 11. The very small current (less than 100 μA) that is diverted from LED No. 9 does not noticeably affect its intensity.

An auxiliary current source at pin 1 keeps at least 100 μA flowing through LED No. 11 even if the input voltage rises high enough to extinguish the LED. This ensures that pin 9 of LM3914 No. 1 is held low enough to force LED No. 10 off when any higher LED is illuminated. While 100 μA does not normally produce significant LED illumination, it may be noticeable when using high-efficiency LEDs in a dark environment.

If this is bothersome, the simple cure is to shunt LED No. 11 with a 10k resistor. The 1V IR drop is more than the 900 mV worst case required to hold off LED No. 10 yet small enough that LED No. 11 does not conduct significantly.

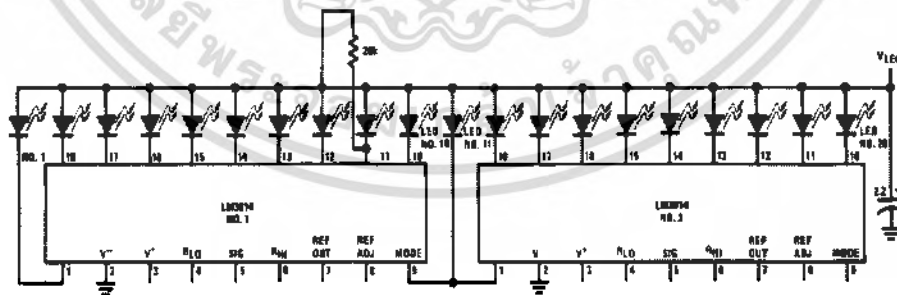
OTHER DEVICE CHARACTERISTICS

The LM3914 is relatively low-powered itself, and since any number of LEDs can be powered from about 3V, it is a very efficient display driver. Typical standby supply current (all LEDs OFF) is 1.6 mA (2.5 mA max). However, any reference loading adds 4 times that current drain to the V^+ (pin 3) supply input. For example, an LM3914 with a 1 mA reference pin load (1.3k), would supply almost 10 mA to every LED while drawing only 10 mA from its V^+ pin supply. At full-scale, the IC is typically drawing less than 10% of the current supplied to the display.

The display driver does not have built-in hysteresis so that the display does not jump instantly from one LED to the next. Under rapidly changing signal conditions, this cuts down high frequency noise and often an annoying flicker. An "overlap" is built in so that at no time between segments are all LEDs completely OFF in the dot mode. Generally 1 LED fades in while the other fades out over a mV or more of range (Note 2). The change may be much more rapid between LED No. 10 of one device and LED No. 1 of a second device "chained" to the first.

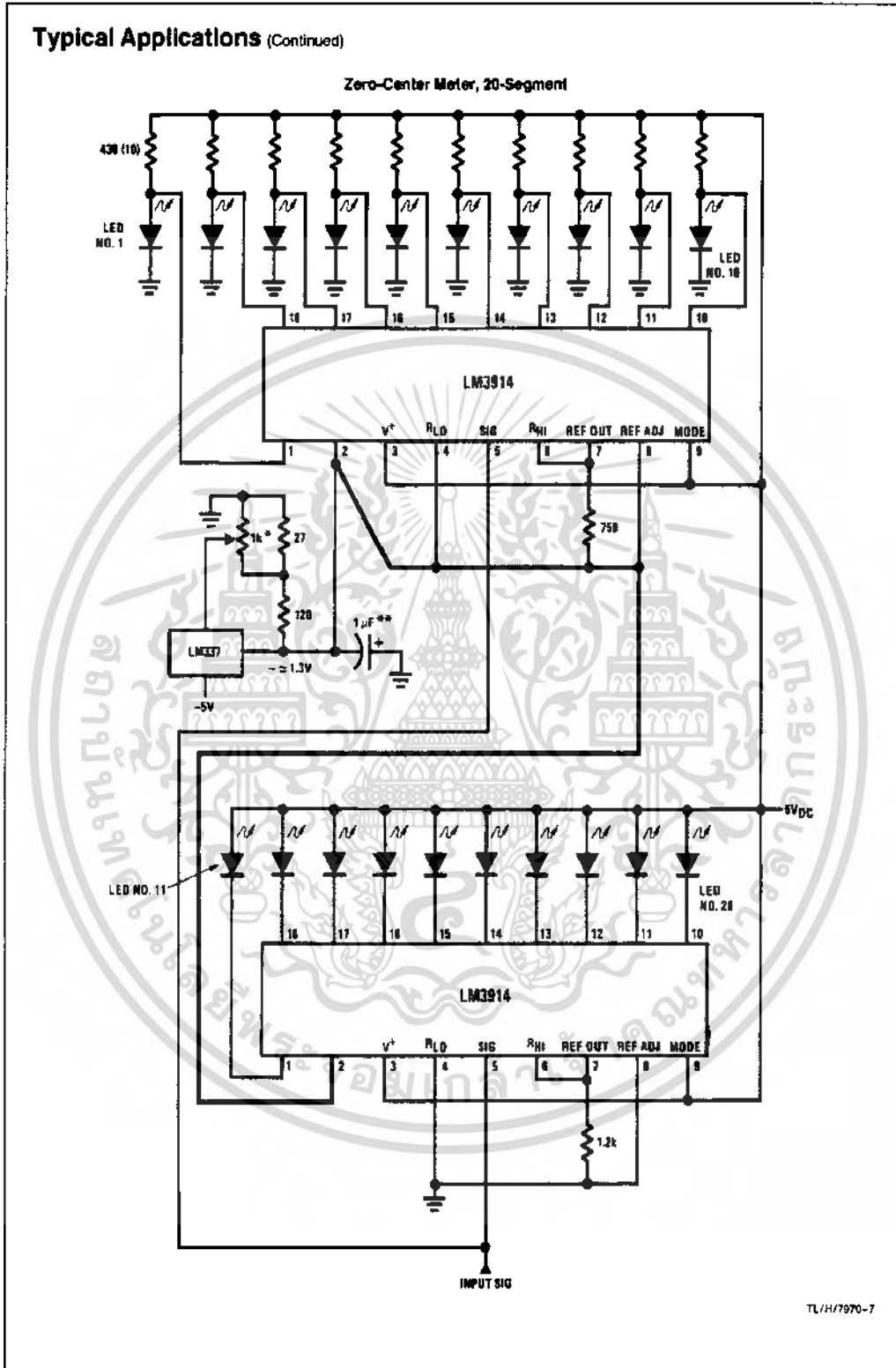
The LM3914 features individually current regulated LED driver transistors. Further internal circuitry detects when any driver transistor goes into saturation, and prevents other circuitry from drawing excess current. This results in the ability of the LM3914 to drive and regulate LEDs powered from a pulsating DC power source, i.e., largely unfiltered. (Due to possible oscillations at low voltages a nominal bypass capacitor consisting of a 2.2 μF solid tantalum connected from the pulsating LED supply to pin 2 of the LM3914 is recommended.) This ability to operate with low or fluctuating voltages also allows the display driver to interface with logic circuitry, opto-coupled solid-state relays, and low-current incandescent lamps.

Cascading LM3914s in Dot Mode



TL/H/7970-6

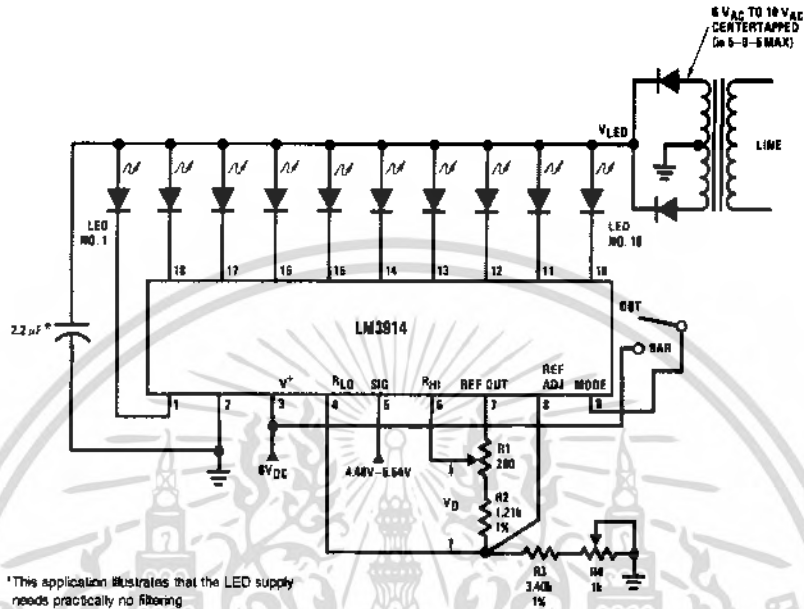
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (Continued)

Expanded Scale Meter, Dot or Bar



*This application illustrates that the LED supply needs practically no filtering.
Calibration: With a precision meter between pins 4 and 6 adjust R1 for voltage V_D of 1.20V. Apply 4.94V to pin 5, and adjust R4 until LED No. 5 just lights. The adjustments are non-interacting.

**Application Example:
Grading 5V Regulators**

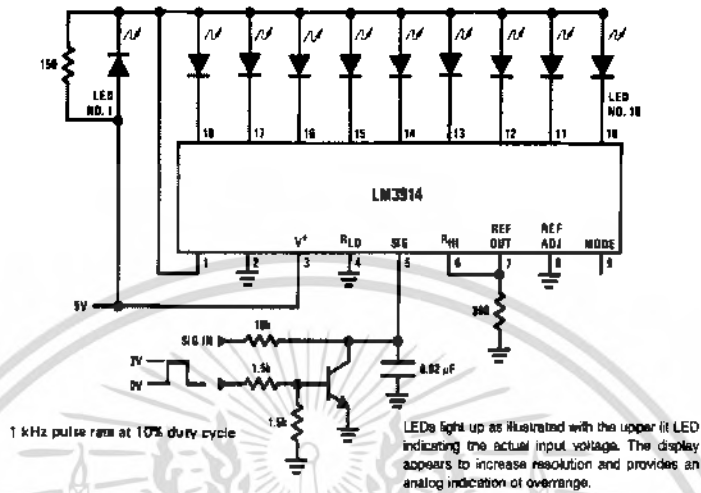
TL/H/7970-5

Highest No. LED on	Color	$V_{OUT(MIN)}$
10	Red	5.54
9	Red	5.42
8	Yellow	5.30
7	Green	5.18
6	Green	5.06
5V		
5	Green	4.94
4	Green	4.82
3	Yellow	4.7
2	Red	4.58
1	Red	4.46

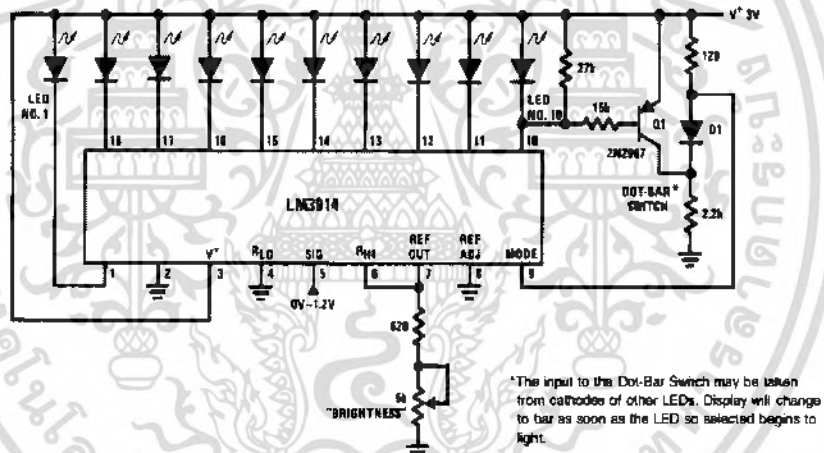
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (Continued)

"Exclamation Point" Display



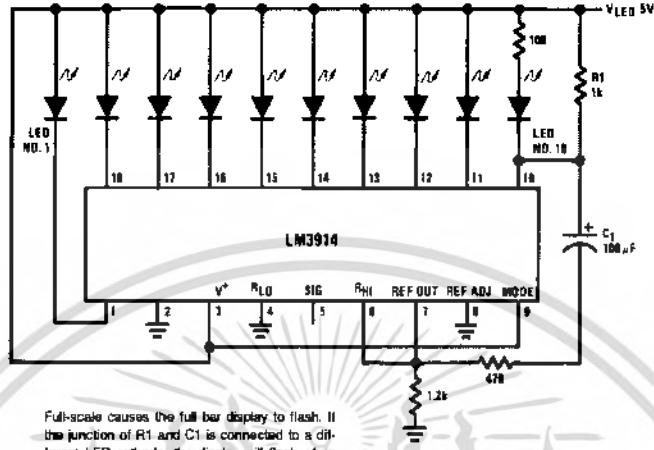
Indicator and Alarm, Full-Scale Changes Display from Dot to Bar



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (Continued)

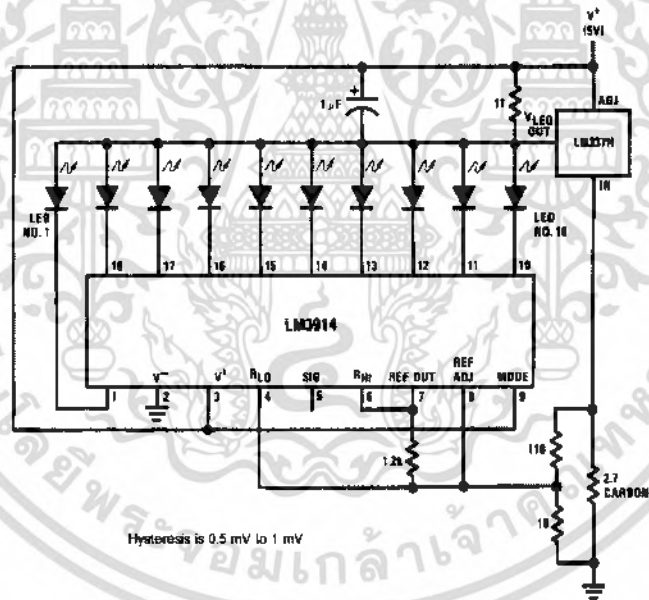
Bar Display with Alarm Flasher



Full-scale causes the full bar display to flash. If the junction of R1 and C1 is connected to a different LED cathode, the display will flash when that LED lights, and at any higher input signal.

TL/H/7970-11

Adding Hysteresis (Single Supply, Bar Mode Only)



Hysteresis is 0.5 mV to 1 mV

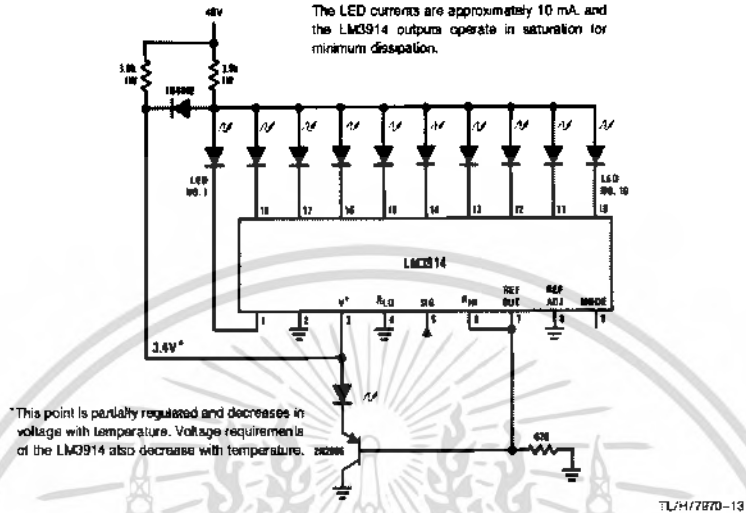
TL/H/7970-12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Application (Continued)

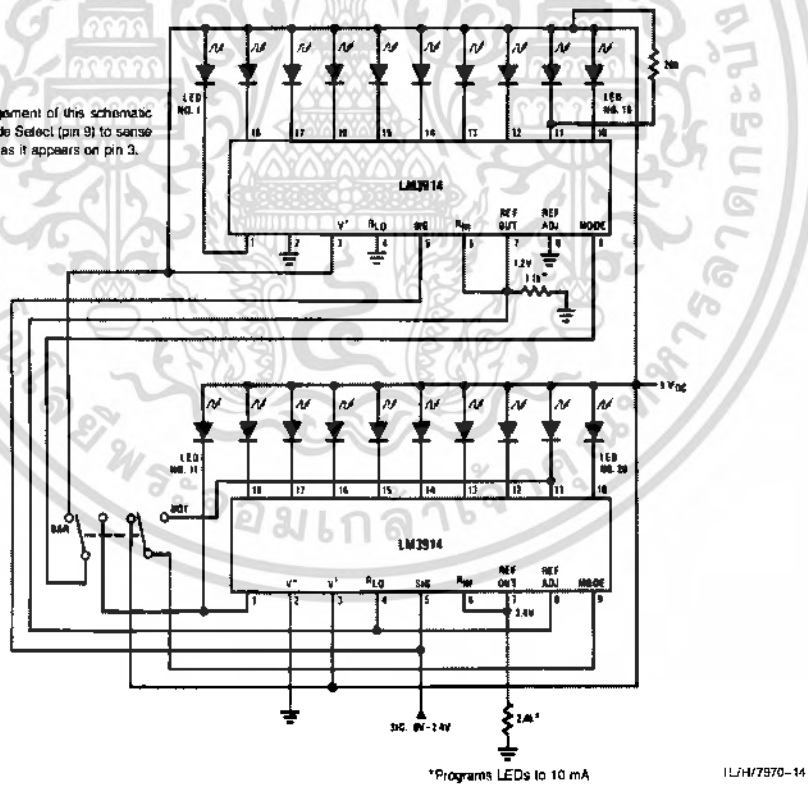
Operating with a High Voltage Supply (Dot Mode Only)

The LED currents are approximately 10 mA, and the LM3914 outputs operate in saturation for minimum dissipation.



20-Segment Meter with Mode Switch

The exact wiring arrangement of this schematic shows the need for Mode Select (pin 9) to sense the V+ voltage exactly as it appears on pin 3.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application Hints

Three of the most commonly needed precautions for using the LM3914 are shown in the first typical application drawing (see page 9-108) showing a 0V-5V bar graph meter. The most difficult problem occurs when large LED currents are being drawn, especially in bar graph mode. These currents flowing out of the ground pin cause voltage drops in external wiring, and thus errors and oscillations. Bringing the return wires from signal sources, reference ground and bottom of the resistor string (as illustrated) to a single point very near pin 2 is the best solution.

Long wires from V_{LED} to LED anode common can cause oscillations. Depending on the severity of the problem 0.05 μ F to 2.2 μ F decoupling capacitors from LED anode common to pin 2 will damp the circuit. If LED anode line wiring is inaccessible, often similar decoupling from pin 1 to pin 2 will be sufficient.

If LED turn ON seems slow (bar mode) or several LEDs light (dot mode), oscillation or excessive noise is usually the problem. In cases where proper wiring and bypassing fail to stop oscillations, V^+ voltage at pin 3 is usually below suggested limits (see Note 2, page 9-108). Expanded scale meter applications may have one or both ends of the internal voltage divider terminated at relatively high value resistors. These high-impedance ends should be bypassed to pin 2 with at least a 0.001 μ F capacitor, or up to 0.1 μ F in noisy environments.

Power dissipation, especially in bar mode should be given consideration. For example, with a 5V supply and all LEDs programmed to 20 mA the driver will dissipate over 600 mW. In this case a 7.5 Ω resistor in series with the LED supply will cut device heating in half. The negative end of the resistor should be bypassed with a 2.2 μ F solid tantalum capacitor to pin 2 of the LM3914.

Turning OFF of most of the internal current sources is accomplished by pulling positive on the reference with a current source or resistance supplying 100 μ A or so. Alternatively, the input signal can be gated OFF with a transistor switch.

Other special features and applications characteristics will be illustrated in the following applications schematics. Notes have been added in many cases, attempting to cover any special procedures or unusual characteristics of these applications. A special section called "Application Tips for the LM3914 Adjustable Reference" has been included with these schematics.

APPLICATION TIPS FOR THE LM3914 ADJUSTABLE REFERENCE

GREATLY EXPANDED SCALE (BAR MODE ONLY)

Placing the LM3914 internal resistor divider in parallel with a section ($\approx 230\Omega$) of a stable, low resistance divider greatly reduces voltage changes due to IC resistor value changes with temperature. Voltage V_1 should be trimmed to 1.1V first by use of R2. Then the voltage V_2 across the IC divider string can be adjusted to 200 mV, using R5 without affecting V_1 . LED current will be approximately 10 mA.

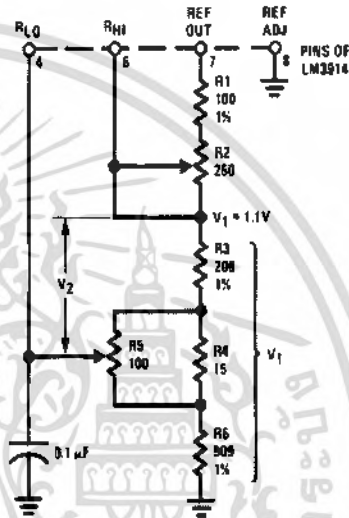
NON-INTERACTING ADJUSTMENTS FOR EXPANDED SCALE METER (4.5V to 5V, Bar or Dot Mode)

This arrangement allows independent adjustment of LED brightness regardless of meter span and zero adjustments.

First, V_1 is adjusted to 5V, using R2. Then the span (voltage across R4) can be adjusted to exactly 0.5V using R6 without affecting the previous adjustment.

R9 programs LED currents within a range of 2.2 mA to 20 mA after the above settings are made.

Greatly Expanded Scale (Bar Mode Only)



TL4779-15

ADJUSTING LINEARITY OF SEVERAL STACKED DIVIDERS

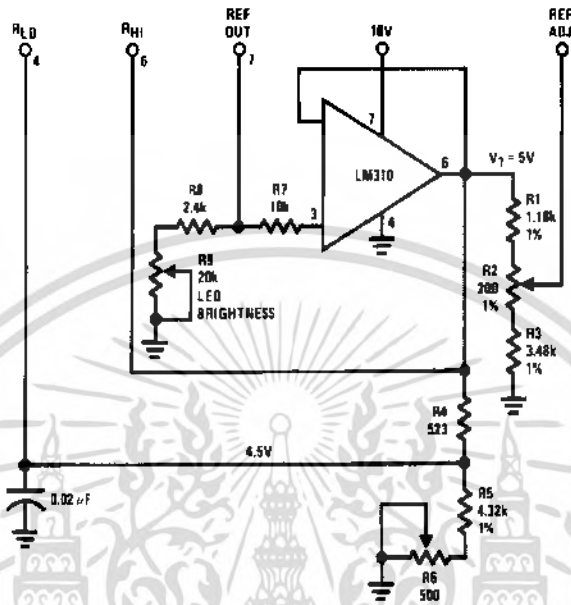
Three internal voltage dividers are shown connected in series to provide a 30-step display. If the resulting analog meter is to be accurate and linear the voltage on each divider must be adjusted, preferably without affecting any other adjustments. To do this, adjust R2 first, so that the voltage across R5 is exactly 1V. Then the voltages across R3 and R4 can be independently adjusted by shunting each with selected resistors of 6 k Ω or higher resistance. This is possible because the reference of LM3914 No. 3 is acting as a constant current source.

The references associated with LM3914s No. 1 and No. 2 should have their Ref Adj pins (pin 8) wired to ground, and their Ref Outputs loaded by a 620 Ω resistor to ground. This makes available similar 20 mA current outputs to all the LEDs in the system.

If an independent LED brightness control is desired (as in the previous application), a unity gain buffer, such as the LM310, should be placed between pin 7 and R1, similar to the previous application.

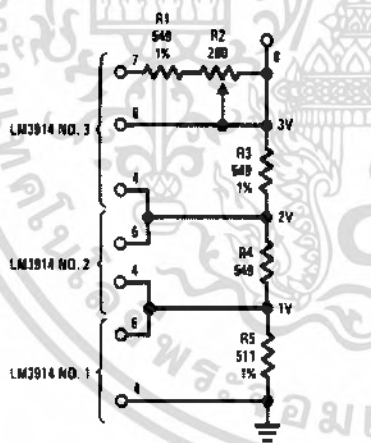
Application Hints (Continued)

Non-interacting Adjustments for Expanded Scale Meter (4.5V to 5V, Bar or Dot Mode)



TL/H/7970-16

Adjusting Linearity of Several Stacked Dividers



TL/H/7970-17

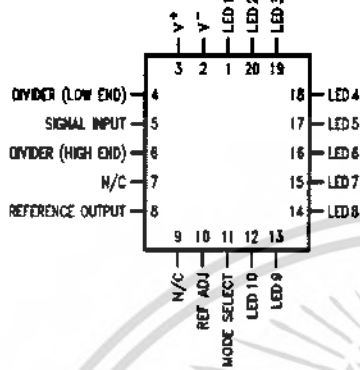
Other Applications

- "Slow"—fade bar or dot display (doubles resolution)
- 20-step meter with single pot brightness control
- 10-step (or multiples) programmer
- Multi-step or "staging" controller
- Combined controller and process deviation meter
- Direction and rate indicator (to add to DVMs)
- Exclamation point display for power saving
- Graduations can be added to dot displays. Dimly light every other LED using a resistor to ground
- Electronic "meter-relay"—display could be circle or semi-circle
- Moving "hole" display—indicator LED is dark, rest of bar lit
- Drives vacuum-fluorescent and LCDs using added passive parts

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Connection Diagrams

Plastic Chip Carrier Package

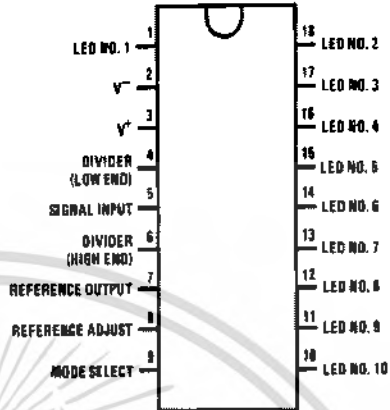


Top View

Order Number LM3914V
See NS Package Number V20A

TL/H/7970-18

Dual-In-Line Package

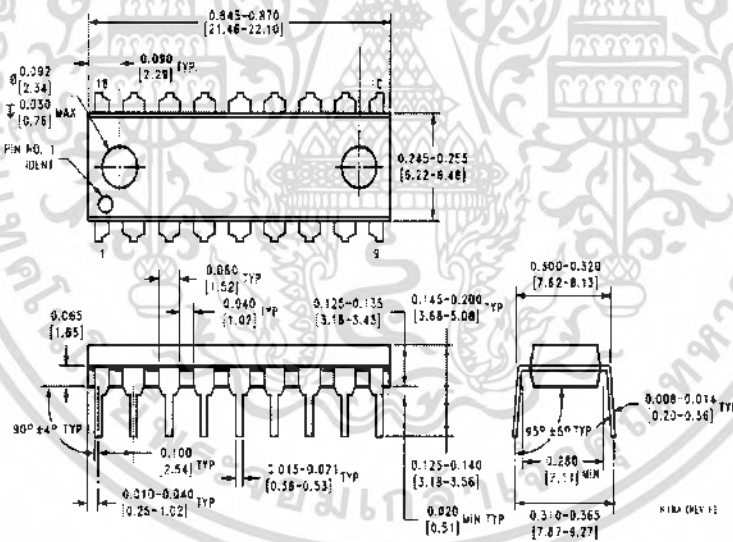


Top View

Order Number LM3914N
See NS Package Number N18A

TL/H/7970-19

Physical Dimensions inches (millimeters)

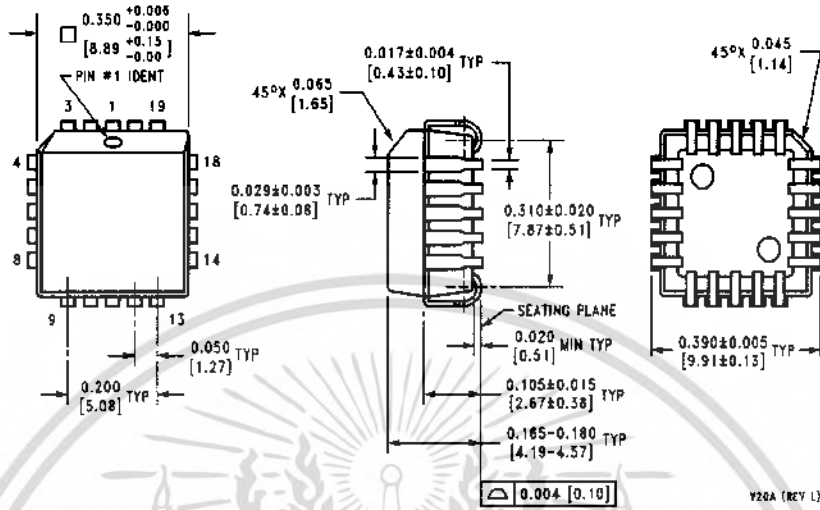


Dual-In-Line Package (N)
Order Number LM3914N
NS Package Number N18A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM3914 Dot/Bar Display Driver

Physical Dimensions inches (millimeters) (Continued)




Plastic Chip Carrier Package (V)
 Order Number LM3914V
 NS Package Number V20A

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: (800) 272-9959 Fax: (800) 737-7016</p>	<p>National Semiconductor Europe Fax: (+49) 0-100-530 65 68 Email: comp@sem2.nsc.com Deutsch Tel: (+49) 0-100-530 65 65 English Tel: (+49) 0-100-532 78 52 Francais Tel: (+49) 0-100-532 93 58 Italiano Tel: (+49) 0-100-534 16 80</p>	<p>National Semiconductor Hong Kong Ltd. 13th Floor, Straits 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: 81-043-296-2308 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

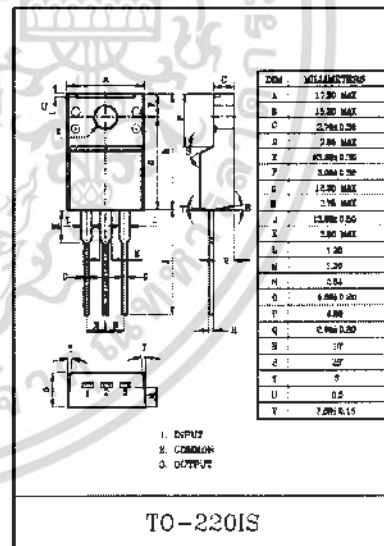
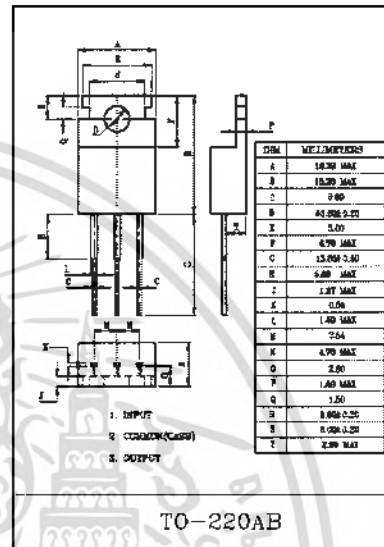
THREE TERMINAL POSITIVE VOLTAGE REGULATORS
5V, 6V, 8V, 9V, 10V, 12V, 15V, 18V, 20V, 24V.

FEATURES

- Suitable for C-MOS, TTL, the Other Digital IC's Power Supply.
- Internal Thermal Overload Protection.
- Internal Short Circuit Current Limiting.
- Output Current in Excess of 1A.
- Satisfies IEC-65 Specification. (International Electrotechnical Commission).

MAXIMUM RATINGS (Ta=25°C)

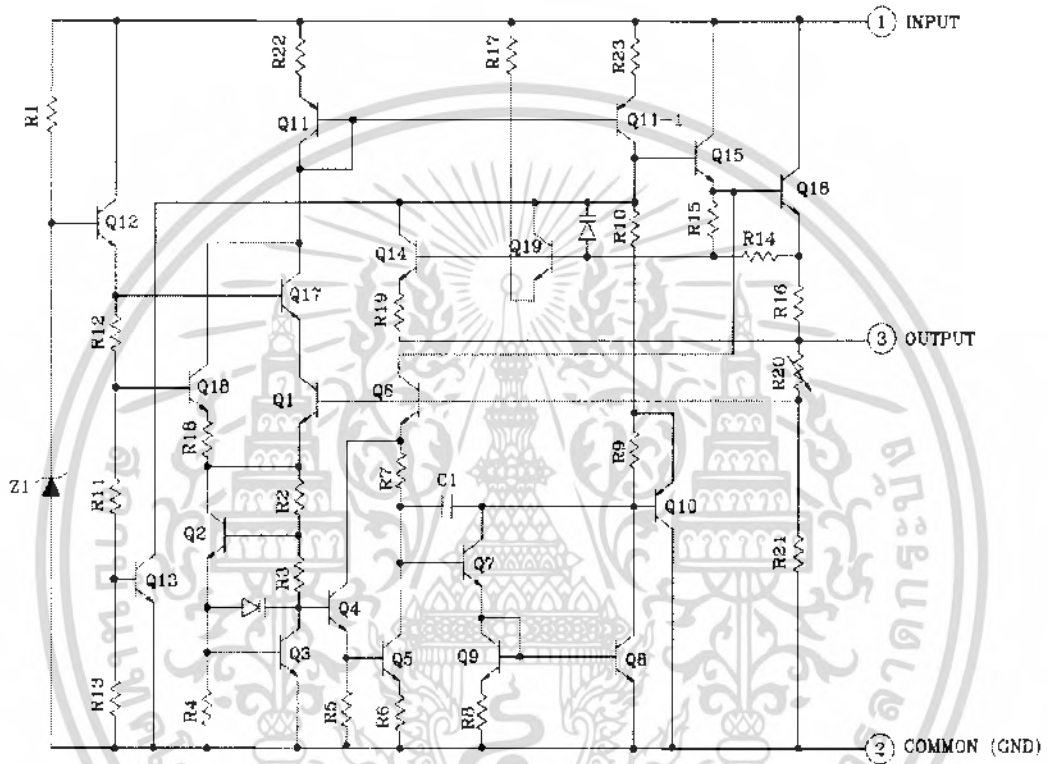
CHARACTERISTIC		SYMBOL	RATING	UNIT
Input Voltage	KIA7805AP/API~ KIA7815AP/API	V _{IN}	35	V
	KIA7818AP/API~ KIA7824AP/API		40	
	Power Dissipation (Tc=25°C)	P _D	20.8	W
	Power Dissipation (Without Heatsink)	P _D	2.0	W
Operating Junction Temperature	T _J	-30~150	°C	
Storage Temperature	T _{stg}	-55~150	°C	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KIA7805AP/API~ KIA7824AP/API

EQUIVALENT CIRCUIT



KIA7805AP/API ~ KIA7824AP/API

KIA7805AP/API

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{IN}=10V$, $I_{OUT}=500mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	TEST CIRCUIT	TEST CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT	
Output Voltage	V_{OUT}	1	$T_j=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=100mA$	4.8	5.0	5.2	V	
Input Regulation	Reg line	1	$T_j=25^{\circ}C$	$7.0V \leq V_{IN} \leq 25V$	-	3	100	mV
				$8.0V \leq V_{IN} \leq 12V$	-	1	50	
Load Regulation	Reg load	1	$T_j=25^{\circ}C$	$5mA \leq I_{OUT} \leq 1.4A$	-	15	100	mV
				$250mA \leq I_{OUT} \leq 750mA$	-	5	50	
Output Voltage	V_{OUT}	1	$7.0V \leq V_{IN} \leq 20V$ $5.0mA \leq I_{OUT} \leq 1.0A$, $P_o \leq 15W$	4.75	-	5.25	V	
Quiescent Current	I_B	1	$T_j=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=5mA$	-	4.2	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_B	1	$7.0V \leq V_{IN} \leq 25V$	-	-	1.3	mA	
Output Noise Voltage	V_{NO}	1	$T_a=25^{\circ}C$, $10Hz \leq f \leq 100kHz$ $I_{OUT}=50mA$	-	50	-	μV_{RMS}	
Ripple Rejection Ratio	RR	1	$f=120Hz$, $8.0V \leq V_{IN} \leq 18V$, $I_{OUT}=50mA$, $T_j=25^{\circ}C$	62	78	-	dB	
Dropout Voltage	V_D	1	$I_{OUT}=1.0A$, $T_j=25^{\circ}C$	-	2.0	-	V	
Short Circuit Current Limit	I_{SC}	1	$T_j=25^{\circ}C$	-	1.6	-	A	
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TC_{VO}	1	$I_{OUT}=50mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$	-	-0.6	-	mV/°C	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KIA7805AP/API ~ KIA7824AP/API

KIA7806AP/API

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{IN}=11V$, $I_{OUT}=500mA$, $0^{\circ}C \leq T_J \leq 125^{\circ}C$)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	TEST CIRCUIT	TEST CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT	
Output Voltage	V_{OUT}	1	$T_J=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=100mA$	5.75	6.0	6.25	V	
Input Regulation	Reg line	1	$T_J=25^{\circ}C$	$8.0V \leq V_{IN} \leq 25V$	-	4	120	mV
				$9V \leq V_{IN} \leq 13V$	-	2	60	
Load Regulation	Reg load	1	$T_J=25^{\circ}C$	$5mA \leq I_{OUT} \leq 1.4A$	-	15	120	mV
				$250mA \leq I_{OUT} \leq 750mA$	-	5	60	
Output Voltage	V_{OUT}	1	$8V \leq V_{IN} \leq 21V$ $5.0mA \leq I_{OUT} \leq 1.0A$, $P_o \leq 15W$	5.7	-	6.3	V	
Quiescent Current	I_B	1	$T_J=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=5mA$	-	4.3	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_B	1	$8V \leq V_{IN} \leq 25V$	-	-	1.3	mA	
Output Noise Voltage	V_{NO}	1	$T_J=25^{\circ}C$, $10Hz \leq f \leq 100kHz$ $I_{OUT}=50mA$	-	55	-	μV_{rms}	
Ripple Rejection Ratio	RR	1	$f=120Hz$, $9V \leq V_{IN} \leq 19V$, $I_{OUT}=50mA$, $T_J=25^{\circ}C$	61	77	-	dB	
Dropout Voltage	V_D	1	$I_{OUT}=1.0A$, $T_J=25^{\circ}C$	-	2.0	-	V	
Short Circuit Current Limit	I_{SC}	1	$T_J=25^{\circ}C$	-	1.5	-	A	
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TC_{VO}	1	$I_{OUT}=5mA$, $0^{\circ}C \leq T_J \leq 125^{\circ}C$	-	-0.7	-	mV/ $^{\circ}C$	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KIA7805AP/API~KIA7824AP/API

KIA7805AP/API
ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{IN}=14V$, $I_{OUT}=500mA$, $0^{\circ}C \leq T_J \leq 125^{\circ}C$)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	TEST CIRCUIT	TEST CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT	
Output Voltage	V_{OUT}	1	$T_J=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=100mA$	7.7	8.0	8.3	V	
Input Regulation	Reg line	1	$T_J=25^{\circ}C$	$10.5V \leq V_{IN} \leq 25V$	-	6	160	mV
				$11V \leq V_{IN} \leq 17V$	-	2	80	
Load Regulation	Reg load	1	$T_J=25^{\circ}C$	$5mA \leq I_{OUT} \leq 1.4A$	-	12	150	mV
				$250mA \leq I_{OUT} \leq 750mA$	-	4	80	
Output Voltage	V_{OUT}	1	$10.5V \leq V_{IN} \leq 23V$ $5.0mA \leq I_{OUT} \leq 1.0A$, $P_D \leq 15W$	7.6	-	8.4	V	
Quiescent Current	I_S	1	$T_J=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=5mA$	-	4.3	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_S	1	$10.5V \leq V_{IN} \leq 25V$	-	-	1.0	mA	
Output Noise Voltage	V_{NO}	1	$T_A=25^{\circ}C$, $10Hz \leq f \leq 100kHz$ $I_{OUT}=50mA$	-	70	-	μV_{RMS}	
Ripple Rejection Ratio	RR	1	$f=120Hz$, $11.5V \leq V_{IN} \leq 21.5V$ $I_{OUT}=50mA$, $T_J=25^{\circ}C$	58	74	-	dB	
Dropout Voltage	V_D	1	$I_{OUT}=1.0A$, $T_J=25^{\circ}C$	-	2.0	-	V	
Short Circuit Current Limit	I_{SC}	1	$T_J=25^{\circ}C$	-	1.1	-	A	
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TC_{VO}	1	$I_{OUT}=5mA$, $0^{\circ}C \leq T_J \leq 125^{\circ}C$	-	-1.0	-	mV/ $^{\circ}C$	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KIA7805AP/API ~ KIA7824AP/API

KIA7809AP/API
ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{IN}=15V$, $I_{OUT}=500mA$, $0^{\circ}C \leq T_J \leq 125^{\circ}C$)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	TEST CIRCUIT	TEST CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT	
Output Voltage	V_{OUT}	1	$T_J=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=100mA$	8.64	9.0	9.36	V	
Input Regulation	Reg line	1	$T_J=25^{\circ}C$	$11.5V \leq V_{IN} \leq 26V$	-	7.0	180	mV
				$13V \leq V_{IN} \leq 19V$	-	2.5	90	
Load Regulation	Reg load	1	$T_J=25^{\circ}C$	$5mA \leq I_{OUT} \leq 1.4A$	-	12	180	mV
				$250mA \leq I_{OUT} \leq 750mA$	-	4.0	90	
Output Voltage	V_{OUT}	1	$11.5V \leq V_{IN} \leq 26V$ $5.0mA \leq I_{OUT} \leq 1.0A$, $P_n \leq 15W$	8.55	-	9.45	V	
Quiescent Current	I_Q	1	$T_J=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=5mA$	-	4.3	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_Q	1	$11.5V \leq V_{IN} \leq 26V$	-	-	1.0	mA	
Output Noise Voltage	V_{NO}	1	$T_J=25^{\circ}C$, $10Hz \leq f \leq 100kHz$ $I_{OUT}=50mA$	-	75	-	μV_{rms}	
Ripple Rejection Ratio	RR	1	$f=120Hz$, $12.5V \leq V_{IN} \leq 22.5V$ $I_{OUT}=50mA$, $T_J=25^{\circ}C$	56	72	-	dB	
Dropout Voltage	V_D	1	$I_{OUT}=1.0A$, $T_J=25^{\circ}C$	-	2.0	-	V	
Short Circuit Current Limit	I_{SC}	1	$T_J=25^{\circ}C$	-	1.0	-	A	
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TC_{VO}	1	$I_{OUT}=5mA$, $0^{\circ}C \leq T_J \leq 125^{\circ}C$	-	-1.1	-	mV/ $^{\circ}C$	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KIA7805AP/API ~ KIA7824AP/API

KIA7810AP/API

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{IN}=16V$, $I_{OUT}=500mA$, $0^{\circ}C \leq T_J \leq 125^{\circ}C$)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	TEST CIRCUIT	TEST CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT	
Output Voltage	V_{OUT}	1	$T_J=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=100mA$	9.6	10.0	10.4	V	
Input Regulation	Reg line	1	$T_J=25^{\circ}C$	$12.5V \leq V_{IN} \leq 27V$	-	8	200	mV
				$14V \leq V_{IN} \leq 20V$	-	2.5	100	
Load Regulation	Reg load	1	$T_J=25^{\circ}C$	$5mA \leq I_{OUT} \leq 1.4A$	-	12	200	mV
				$250mA \leq I_{OUT} \leq 750mA$	-	4	100	
Output Voltage	V_{OUT}	1	$12.5V \leq V_{IN} \leq 25V$ $50mA \leq I_{OUT} \leq 1.0A$, $P_o \leq 15W$	9.5	-	10.5	V	
Quiescent Current	I_B	1	$T_J=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=5mA$	-	4.3	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_B	1	$12.5V \leq V_{IN} \leq 27V$	-	-	1.0	mA	
Output Noise Voltage	V_{NO}	1	$T_a=25^{\circ}C$, $10Hz \leq f \leq 100kHz$ $I_{OUT}=50mA$	-	80	-	μV_{rms}	
Ripple Rejection Ratio	RR	1	$f=120Hz$, $13.5V \leq V_{IN} \leq 23.5V$ $I_{OUT}=50mA$, $T_J=25^{\circ}C$	55	72	-	dB	
Dropout Voltage	V_D	1	$I_{OUT}=1.0A$, $T_J=25^{\circ}C$	-	2.0	-	V	
Short Circuit Current Limit	I_{SC}	1	$T_J=25^{\circ}C$	-	0.9	-	A	
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TC_{VO}	1	$I_{OUT}=5mA$, $0^{\circ}C \leq T_J \leq 125^{\circ}C$	-	-1.3	-	mV/ $^{\circ}C$	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KIA7805AP/API~KIA7824AP/API

KIA7812AP/API

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{IN}=19V$, $I_{OUT}=500mA$, $0^{\circ}C \leq T_J \leq 125^{\circ}C$)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	TEST CIRCUIT	TEST CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT	
Output Voltage	V_{OUT}	1	$T_J=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=100mA$	11.5	12.0	12.5	V	
Input Regulation	Reg line	1	$T_J=25^{\circ}C$	$14.5V \leq V_{IN} \leq 30V$	-	10	240	mV
				$16V \leq V_{IN} \leq 22V$	-	3	120	
Load Regulation	Reg load	1	$T_J=25^{\circ}C$	$5mA \leq I_{OUT} \leq 1.4A$	-	12	240	mV
				$20mA \leq I_{OUT} \leq 750mA$	-	4	120	
Output Voltage	V_{OUT}	1	$14.5V \leq V_{IN} \leq 27V$ $5.0mA \leq I_{OUT} \leq 1.0A$, $P_o \leq 15W$	11.4	-	12.6	V	
Quiescent Current	I_B	1	$T_J=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=5mA$	-	4.3	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_B	1	$14.5V \leq V_{IN} \leq 30V$	-	-	1.0	mA	
Output Noise Voltage	V_{NO}	1	$T_a=25^{\circ}C$, $10Hz \leq f \leq 100kHz$ $I_{OUT}=50mA$	-	90	-	μV_{rms}	
Ripple Rejection Ratio	RRR	1	$f=120Hz$, $15V \leq V_{IN} \leq 25V$ $I_{OUT}=50mA$, $T_J=25^{\circ}C$	55	71	-	dB	
Dropout Voltage	V_D	1	$I_{OUT}=1.0A$, $T_J=25^{\circ}C$	-	2.0	-	V	
Short Circuit Current Limit	I_{SC}	1	$T_J=25^{\circ}C$	-	0.7	-	A	
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TC_{VO}	1	$I_{OUT}=5mA$, $0^{\circ}C \leq T_J \leq 125^{\circ}C$	-	-1.6	-	mV/ $^{\circ}C$	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KIA7805AP/API~KIA7824AP/API

KIA7815AP/API

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{IN}=23V$, $I_{OUT}=500mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	TEST CIRCUIT	TEST CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT	
Output Voltage	V_{OUT}	1	$T_j=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=100mA$	14.4	15.0	15.6	V	
Input Regulation	Reg line	1	$T_j=25^{\circ}C$	$17.5V \leq V_{IN} \leq 30V$	-	11	300	mV
				$20V \leq V_{IN} \leq 26V$	-	3	150	
Load Regulation	Reg load	1	$T_j=25^{\circ}C$	$5mA \leq I_{OUT} \leq 1.4A$	-	12	300	mV
				$250mA \leq I_{OUT} \leq 750mA$	-	4	150	
Output Voltage	V_{OUT}	1	$17.5V \leq V_{IN} \leq 30V$ $5.0mA \leq I_{OUT} \leq 1.0A$, $P_o \leq 15W$	14.25	-	15.75	V	
Quiescent Current	I_Q	1	$T_j=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=5mA$	-	4.4	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_Q	1	$17.5V \leq V_{IN} \leq 30V$	-	-	1.0	mA	
Output Noise Voltage	V_{NO}	1	$T_a=25^{\circ}C$, $10Hz \leq f \leq 100kHz$ $I_{OUT}=50mA$	-	110	-	μV_{rms}	
Ripple Rejection Ratio	RR	1	$f=120Hz$, $18.5V \leq V_{IN} \leq 28.5V$ $I_{OUT}=50mA$, $T_j=25^{\circ}C$	54	70	-	dB	
Dropout Voltage	V_D	1	$I_{OUT}=1.0A$, $T_j=25^{\circ}C$	-	2.0	-	V	
Short Circuit Current Limit	I_{SC}	1	$T_j=25^{\circ}C$	-	0.5	-	A	
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TC_{VO}	1	$I_{OUT}=5mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$	-	-2.0	-	mV/ $^{\circ}C$	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KIA7805AP/API ~ KIA7824AP/API

KIA7818AP/API

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{IN}=27V$, $I_{OUT}=500mA$, $0^{\circ}C \leq T_J \leq 125^{\circ}C$)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	TEST CIRCUIT	TEST CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT	
Output Voltage	V_{OUT}	1	$T_J=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=100mA$	17.3	18.0	18.7	V	
Input Regulation	Reg line	1	$T_J=25^{\circ}C$	$21V \leq V_{IN} \leq 33V$	-	13	360	mV
				$24V \leq V_{IN} \leq 30V$	-	4	180	
Load Regulation	Reg load	1	$T_J=25^{\circ}C$	$5mA \leq I_{OUT} \leq 1.4A$	-	12	360	mV
				$250mA \leq I_{OUT} \leq 750mA$	-	4	180	
Output Voltage	V_{OUT}	1	$21V \leq V_{IN} \leq 33V$, $5.0mA \leq I_{OUT} \leq 1.0A$, $P_o \leq 15W$	17.1	-	18.9	V	
Quiescent Current	I_B	1	$T_J=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=5mA$	-	45	80	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_B	1	$21V \leq V_{IN} \leq 33V$	-	-	1.0	mA	
Output Noise Voltage	V_{NO}	1	$T_a=25^{\circ}C$, $10Hz \leq f \leq 100kHz$, $I_{OUT}=50mA$	-	125	-	μV_{rms}	
Ripple Rejection Ratio	RR	1	$f=120Hz$, $22V \leq V_{IN} \leq 32V$, $I_{OUT}=50mA$, $T_J=25^{\circ}C$	52	68	-	dB	
Dropout Voltage	V_D	1	$I_{OUT}=1.0A$, $T_J=25^{\circ}C$	-	2.0	-	V	
Short Circuit Current Limit	I_{SC}	1	$T_J=25^{\circ}C$	-	0.4	-	A	
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TC_{V_o}	1	$I_{OUT}=5mA$, $0^{\circ}C \leq T_J \leq 125^{\circ}C$	-	-2.5	-	mV/ $^{\circ}C$	

KIA7805AP/API~KIA7824AP/API

KIA7805AP/API

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{IN}=29V$, $I_{OUT}=500mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	TEST CIRCUIT	TEST CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Output Voltage	V_{OUT}	1	$T_j=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=100mA$	19.2	20.0	20.8	V
Input Regulation	Reg line	1	$23V \leq V_{IN} \leq 35V$	-	15	400	mV
			$26V \leq V_{IN} \leq 32V$	-	5	200	
Load Regulation	Reg load	1	$T_j=25^{\circ}C$	-	12	400	mV
			$5mA \leq I_{OUT} \leq 1.4A$	-	4	200	
Output Voltage	V_{OUT}	1	$23V \leq V_{IN} \leq 35V$ $5.0mA \leq I_{OUT} \leq 1.0A$, $P_o \leq 15W$	19.0	-	21.0	V
Quiescent Current	I_B	1	$T_j=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=5mA$	-	4.6	8.0	mA
Quiescent Current Change	ΔI_B	1	$23V \leq V_{IN} \leq 35V$	-	-	1.0	mA
Output Noise Voltage	V_{NO}	1	$T_a=25^{\circ}C$, $10Hz \leq f \leq 100kHz$ $I_{OUT}=50mA$	-	135	-	μV_{rms}
Ripple Rejection Ratio	RR	1	$f=120Hz$, $24V \leq V_{IN} \leq 34V$, $I_{OUT}=50mA$, $T_j=25^{\circ}C$	50	66	-	dB
Dropout Voltage	V_D	1	$I_{OUT}=1.0A$, $T_j=25^{\circ}C$	-	2.0	-	V
Short Circuit Current Limit	I_{SC}	1	$T_j=25^{\circ}C$	-	0.4	-	A
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TC_{VO}	1	$I_{OUT}=5mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$	-	-3.0	-	mV/°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KIA7805AP/API ~ KIA7824AP/API

KIA7824AP/API

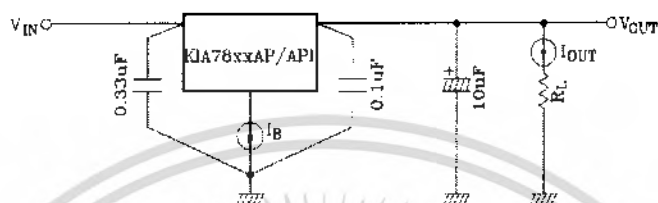
ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{IN}=33V$, $I_{OUT}=500mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	TEST CIRCUIT	TEST CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT	
Output Voltage	V_{OUT}	1	$T_j=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=100mA$	23.0	24.0	25.0	V	
Input Regulation	Reg line	1	$T_j=25^{\circ}C$	$27V \leq V_{IN} \leq 38V$	-	18	480	mV
				$30V \leq V_{IN} \leq 35V$	-	6	240	
Load Regulation	Reg load	1	$T_j=25^{\circ}C$	$5mA \leq I_{OUT} \leq 1.4A$	-	12	480	mV
				$250mA \leq I_{OUT} \leq 750mA$	-	4	240	
Output Voltage	V_{OUT}	1	$27V \leq V_{IN} \leq 38V$, $5.0mA \leq I_{OUT} \leq 1.0A$, $P_o \leq 15W$	22.8	-	25.2	V	
Quiescent Current	I_B	1	$T_j=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=5mA$	-	4.6	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_B	1	$27V \leq V_{IN} \leq 38V$	-	-	1.0	mA	
Output Noise Voltage	V_{RMS}	1	$T_j=25^{\circ}C$, $10Hz \leq f \leq 100kHz$ $I_{OUT}=50mA$	-	150	-	μV_{RMS}	
Ripple Rejection Ratio	RR	1	$f=120Hz$, $28V \leq V_{IN} \leq 38V$ $I_{OUT}=50mA$, $T_j=25^{\circ}C$	50	66	-	dB	
Dropout Voltage	V_D	1	$I_{OUT}=1.0A$, $T_j=25^{\circ}C$	-	2.0	-	V	
Short Circuit Current	I_{SC}	1	$T_j=25^{\circ}C$	-	0.3	-	A	
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TC_{VO}	1	$I_{OUT}=5mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$	-	-3.5	-	mV/ $^{\circ}C$	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

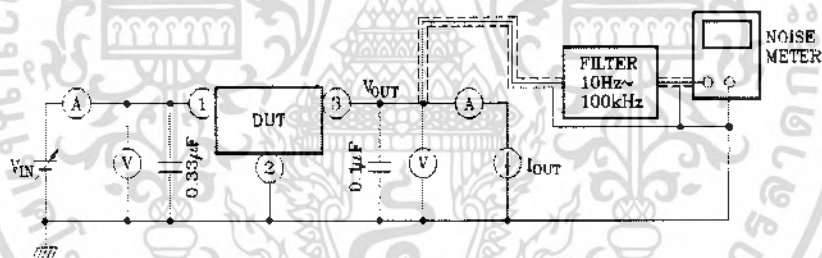
KIA7805AP/API ~ KIA7824AP/API

TEST CIRCUIT1/STANDARD APPLICATION CIRCUIT

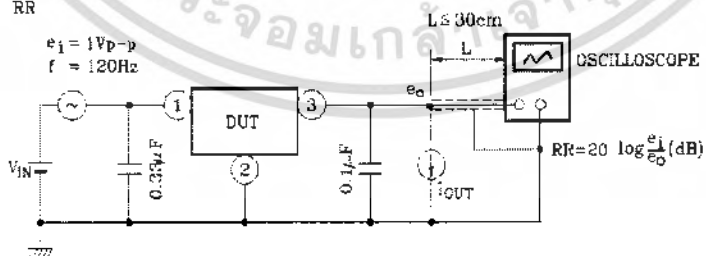


TEST CIRCUIT

1. V_{OUT} , Reg. line, Reg. load, V_{OUT} , I_B , ΔI_B , V_{NO} , $\Delta V_{OUT} / \Delta I$, $V_{IN} - V_{OUT}$, TC_{VO}



2. RR

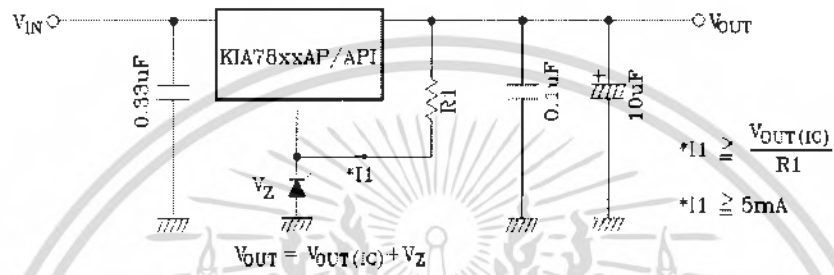


KIA7805AP/API ~ KIA7824AP/API

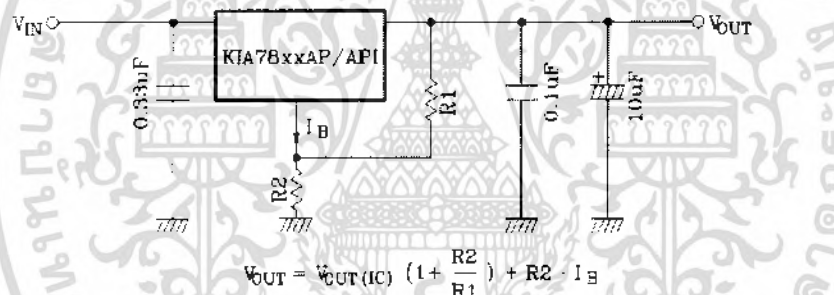
APPLICATION CIRCUIT

(1) VOLTAGE BOOST REGULATOR

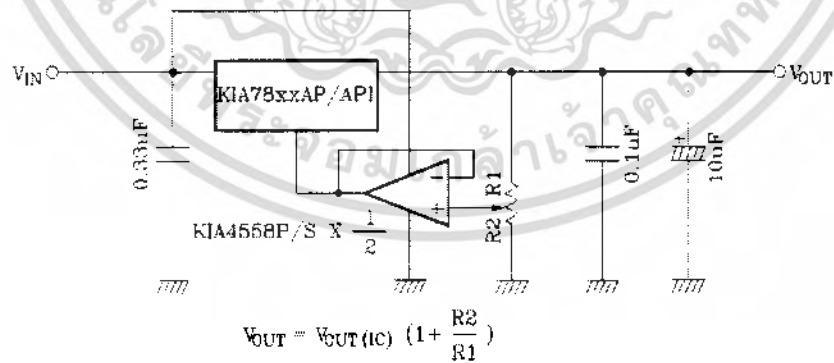
(a) Voltage boost by use of zener diode



(b) Voltage boost by use of resistor

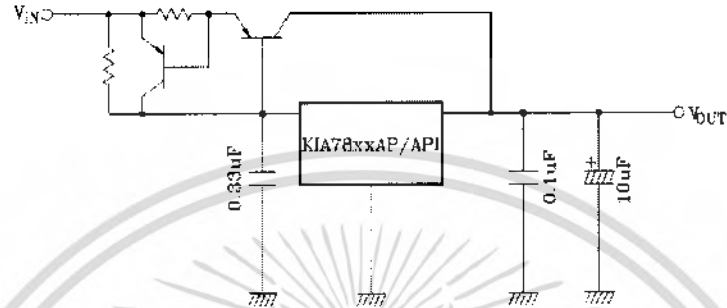


(c) Adjustable output regulator



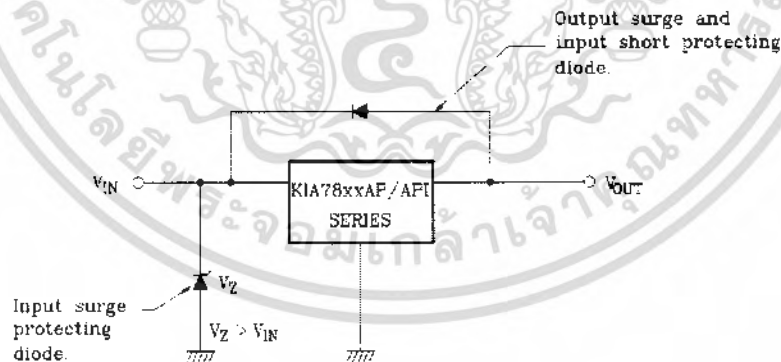
KIA7805AP/API ~ KIA7824AP/API

(2) CURRENT BOOST REGULATOR



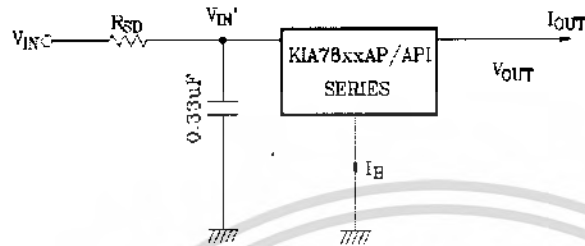
PRECAUTIONS ON APPLICATION

- (1) In regard to GND, be careful not to apply a negative voltage to the input/output terminal. Further, special care is necessary in case of a voltage boost application.
- (2) When a surge voltage exceeding maximum rating is applied to the input terminal or when a voltage in excess of the input terminal voltage is applied to the output terminal, the circuit may be destroyed. Specially, in the latter case, great care is necessary. Further, if the input terminal shorts to GND in a state of normal operation, the output terminal voltage becomes higher than the input voltage (GND potential), and the electric charge of a chemical capacitor connected to the output terminal flows into the input side, which may cause the destruction of circuit. In these cases, take such steps as a zener diode and a general silicon diode are connected to the circuit, as shown in the following figure.



- (3) When the input voltage is too high, the power dissipation of three terminal regulator increase because of series regulator, so that the junction temperature rises. In such a case, it is recommended to reduce the power dissipation by inserting the power limiting resistor R_{SP} in the input terminal, and to reduce the junction temperature as a result.

KIA7805AP/API~KIA7824AP/API



The power dissipation P_D of IC is expressed in the following equation.

$$P_D = (V_{IN'} - V_{OUT}) \cdot I_{OUT} + V_{IN'} \cdot I_B$$

If $V_{IN'}$ is reduced below the lowest voltage necessary for the IC, the parasitic oscillation will be caused according to circumstances.

In determining the resistance value of R_{SD} , design with margin should be made by making reference to the following equation.

$$R_{SD} < \frac{V_{IN} - V_{IN'}}{I_{OUT} + I_B}$$

- (4) Connect the input terminal and GND, and the output terminal and GND, by capacitor respectively. The capacitances should be determined experimentally because they depend on printed patterns. In particular, adequate investigation should be made so that there is no problem even at time of high or low temperature.

- (5) Installation of IC for power supply

For obtaining high reliability on the heat sink design of the regulator IC, it is generally required to derate more than 20% of maximum junction temperature ($T_{J, MAX.}$) Further, full consideration should be given to the installation of IC to the heat sink.

- (a) Heat sink design

The thermal resistance of IC itself is required from the viewpoint of the design of elements, but the thermal resistance from the IC package to the open air varies with the contact thermal resistance.

Table 1 shows how much the value of the contact thermal resistance ($\theta_c + \theta_s$) is changed by insulating sheet (mica) and heat sink grease.

TABLE 1. UNIT: °C/W

PACKAGE	MODEL NO.	TORQUE	MICA	$\theta_c + \theta_s$
TO-220AB	KIA78xxAP	6kg·cm	Not Provided	0.3~0.5(1.5~2.0)
			Provided	2.0~2.5(4.0~6.0)

The figures given in parentheses denote the values at time of no grease.

The package of regulator IC serves as GND, therefore, usually use the value at time of "no mica"

KIA7805AP/API~KIA7824AP/API

(b) Silicon grease

When a circuit not exceeding maximum rating is designed, it is to be desired that the grease should be used if possible. If it is required that the contact thermal resistance is reduced from the view-point of the circuit design, it is recommended that the following methods be adopted.

A: Use Thercon (Fuji High Polymer Kogyo K.K.)

B: Use SC101 (Tosai Silicon) or G-640 (GE), if grease is used.

(c) Torque

When installing IC on a heat sink or the like, tighten the IC with the torque of less than the rated value. If it is tightened with the torque in excess of the rated value, sometimes the internal elements of the IC are adversely affected. Therefore, great care should be given to the installing operation. Further, if polycarbonate screws are used, the torque causes a change with the passage of time, which may lessen the effect of radiation.

(6) IEC (International Electrotechnical Commission)-65 Specification.

(a) IEC (International Electrotechnical Commission)-65 is the standard, parts testing method, machinery and tools (used in connecting main power directly and indirectly) which are used at home and general building. The purpose of the above standard is not to breaking out the risk which is related to an electric shock, a heating, a fire and the damage of surrounding parts in the case of normal or abnormal operating.

(b) In case temperature is limited by temperature overheating prevention device, fuse or the operation of fuse resistor:

One must calculate the temperature of PCB substrate in 2 minute.

$\Delta T \leq 110^{\circ}\text{C}$ regulated

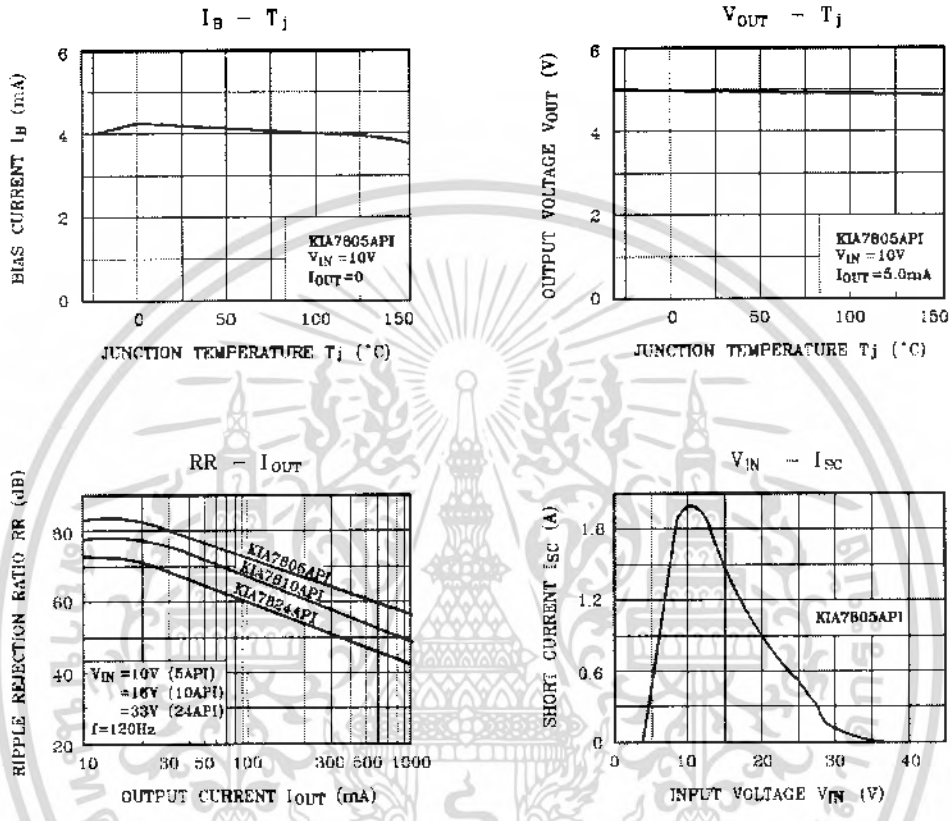
$\Delta T = T$ (The PCB substrate temperature in 2 minute) - T_a (Ambient temperature)

(c) Graph



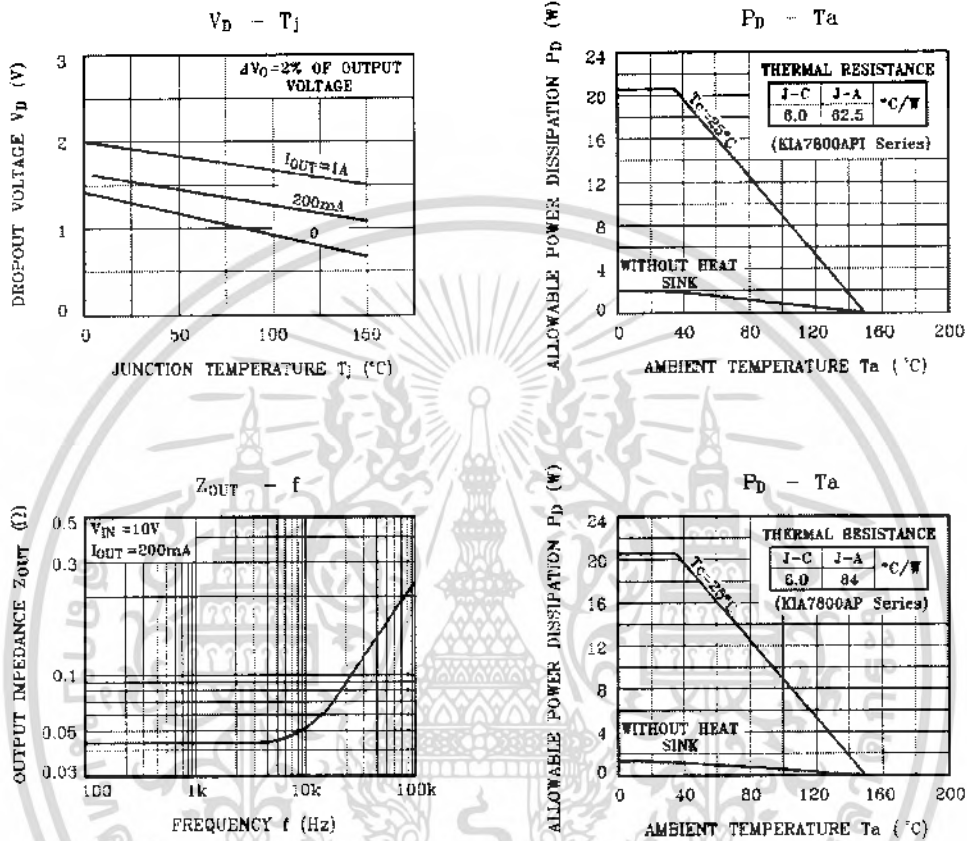
As the territory of the deviant line appear by the heat, as the area is wider,
 T (The PCB substrate temperature in 2 minute) is becoming high.

KIA7805AP/API ~ KIA7824AP/API



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KIA7805AP/API ~ KIA7824AP/API



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Three-Terminal Positive Voltage Regulators

These voltage regulators are monolithic integrated circuits designed as fixed-voltage regulators for a wide variety of applications including local, on-card regulation. These regulators employ internal current limiting, thermal shutdown, and safe-area compensation. With adequate heatsinking they can deliver output currents in excess of 1.0 A. Although designed primarily as a fixed voltage regulator, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.

- Output Current in Excess of 1.0 A
- No External Components Required
- Internal Thermal Overload Protection
- Internal Short Circuit Current Limiting
- Output Transistor Safe-Area Compensation
- Output Voltage Offered in 2% and 4% Tolerance
- Available in Surface Mount D²PAK and Standard 3-Lead Transistor Packages
- Previous Commercial Temperature Range has been Extended to a Junction Temperature Range of -40°C to +125°C

DEVICE TYPE/NOMINAL OUTPUT VOLTAGE

MC7805AC LM340AT-5 MC7805C LM340T-5	5.0 V	MC7812C LM340T-12	12 V
MC7806AC MC7806C	6.0 V	MC7815AC LM340AT-15 MC7815C LM340T-15	15 V
MC7808AC MC7808C	8.0 V	MC7818AC MC7818C	18 V
MC7809C	9.0 V	MC7824AC MC7824C	24 V
MC7812AC LM340AT-12	12 V		

ORDERING INFORMATION

Device	Output Voltage Tolerance	Operating Temperature Range	Package
MC78XXACT	2%	$T_J = -40^\circ \text{ to } +125^\circ \text{C}$	Insertion Mount
LM340AT-XX			Surface Mount
MC78XXACD2T			Surface Mount
MC78XXCT	4%		Insertion Mount
LM340T-XX			Surface Mount
MC78XXCD2T			Surface Mount

XX indicates nominal voltage.

Order this document by MC7800/D

MC7800, MC7800A, LM340, LM340A Series

THREE-TERMINAL POSITIVE FIXED VOLTAGE REGULATORS

SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

T SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 221A

Heatsink surface
connected to Pin 2.



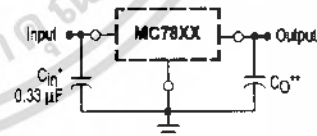
Pin 1, Input
Pin 2, Ground
Pin 3, Output

D2T SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 936
(D²PAK)

Heatsink surface (shown as terminal 4 in
case outline drawing) is connected to Pin 2.



STANDARD APPLICATION



A common ground is required between the input and the output voltages. The input voltage must remain typically 2.0 V above the output voltage even during the low point on the input ripple voltage.

XX. These two digits of the type number indicate nominal voltage.

* C_{in} is required if regulator is located an appreciable distance from power supply filter.

** C_{out} is not needed for stability; however, it does improve transient response. Values of less than 0.1 μF could cause instability.

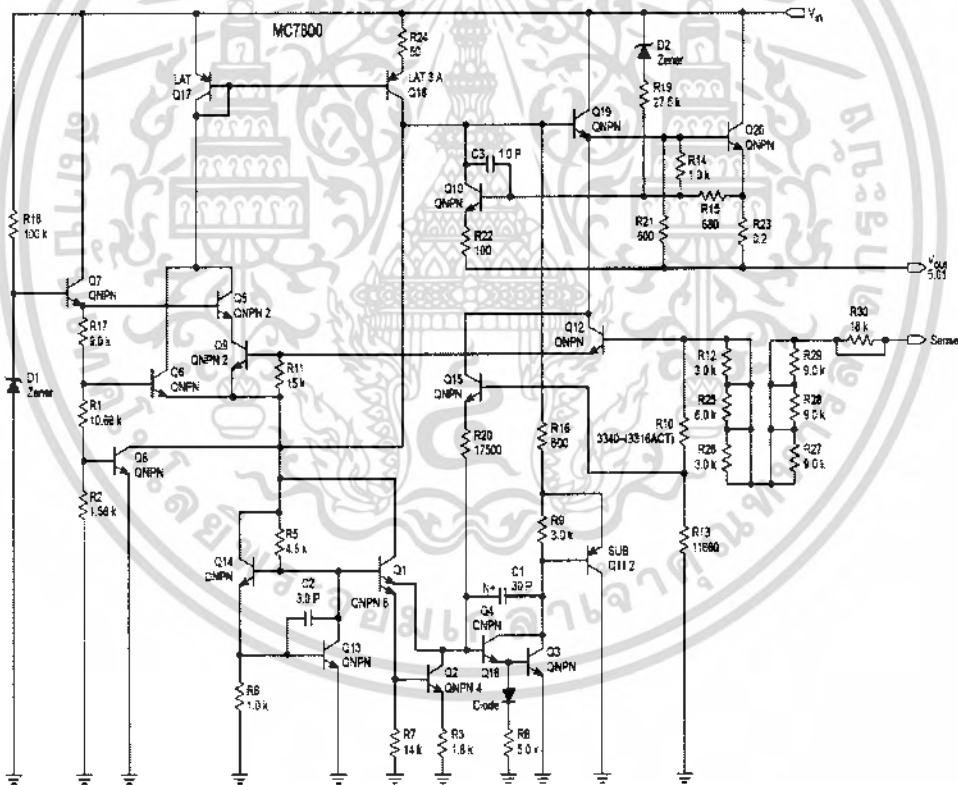
MC7800, MC7800A, LM340, LM340A Series

MAXIMUM RATINGS (T_A = 25°C, unless otherwise noted.)

Rating	Symbol	Value	Unit
Input Voltage (5.0 – 18 V) (24 V)	V _I	35 40	Vdc
Power Dissipation Case 221A T _A = 25°C Thermal Resistance, Junction-to-Ambient Thermal Resistance, Junction-to-Case Case 936 (D ² PAK) T _A = 25°C Thermal Resistance, Junction-to-Ambient Thermal Resistance, Junction-to-Case	P _D R _{θJA} R _{θJC}	Internally Limited 65 5.0	W °C/W °C/W
Storage Junction Temperature Range	T _{stg}	-65 to +150	°C
Operating Junction Temperature	T _J	+150	°C

NOTE: ESD data available upon request.

Representative Schematic Diagram



This device contains 22 active transistors.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC7800, MC7800A, LM340, LM340A Series

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{in} = 10\text{ V}$, $I_O = 500\text{ mA}$, $T_J = T_{low}$ to T_{high} [Note 1], unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	MC7805C/LM340T-5			Unit
		Min	Typ	Max	
Output Voltage ($T_J = 25^\circ\text{C}$)	V_O	4.8	5.0	5.2	Vdc
Output Voltage ($5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.0\text{ A}$, $P_D \leq 15\text{ W}$) $7.0\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 20\text{ Vdc}$ $8.0\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 20\text{ Vdc}$	V_O	4.75 -	5.0 -	5.25 -	Vdc
Line Regulation (Note 2) $7.5\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 20\text{ Vdc}$, $I_O = 1.0\text{ A}$ $8.0\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 12\text{ Vdc}$	Reg _{line}	- -	0.5 0.8	20 10	mV
Load Regulation (Note 2) $5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.0\text{ A}$ $5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.5\text{ A}$ ($T_A = 25^\circ\text{C}$)	Reg _{load}	- -	1.3 1.3	25 25	mV
Quiescent Current	I_B	-	3.2	6.5	mA
Quiescent Current Change $7.0\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 25\text{ Vdc}$ $5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.0\text{ A}$ ($T_A = 25^\circ\text{C}$)	ΔI_B	- -	0.3 0.08	1.0 0.8	mA
Ripple Rejection $8.0\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 18\text{ Vdc}$, $f = 120\text{ Hz}$	RR	62	83	-	dB
Dropout Voltage ($I_O = 1.0\text{ A}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$)	$V_I - V_O$	-	2.0	-	Vdc
Output Noise Voltage ($T_A = 25^\circ\text{C}$) $10\text{ Hz} \leq f \leq 100\text{ kHz}$	V_n	-	10	-	$\mu\text{V}/V_O$
Output Resistance $f = 1.0\text{ kHz}$	r_O	-	0.9	-	$\text{m}\Omega$
Short Circuit Current Limit ($T_A = 25^\circ\text{C}$) $V_{in} = 35\text{ Vdc}$	I_{SC}	-	0.6	-	A
Peak Output Current ($T_J = 25^\circ\text{C}$)	I_{max}	-	2.2	-	A
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TCV_O	-	-0.3	-	$\text{mV}/^\circ\text{C}$

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{in} = 10\text{ V}$, $I_O = 1.0\text{ A}$, $T_J = T_{low}$ to T_{high} [Note 1], unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	MC7805AC/LM340AT-5			Unit
		Min	Typ	Max	
Output Voltage ($T_J = 25^\circ\text{C}$)	V_O	4.9	5.0	5.1	Vdc
Output Voltage ($5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.0\text{ A}$, $P_D \leq 15\text{ W}$) $7.5\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 20\text{ Vdc}$	V_O	4.8	5.0	5.2	Vdc
Line Regulation (Note 2) $7.5\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 25\text{ Vdc}$, $I_O = 500\text{ mA}$ $8.0\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 12\text{ Vdc}$, $I_O = 1.0\text{ A}$ $8.0\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 12\text{ Vdc}$, $I_O = 1.0\text{ A}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$ $7.3\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 20\text{ Vdc}$, $I_O = 1.0\text{ A}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$	Reg _{line}	- - - -	0.5 0.8 1.3 4.5	10 12 4.0 10	mV
Load Regulation (Note 2) $5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.5\text{ A}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$ $5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.0\text{ A}$ $250\text{ mA} \leq I_O \leq 750\text{ mA}$	Reg _{load}	- - -	1.3 0.8 0.53	25 25 15	mV
Quiescent Current	I_B	-	3.2	6.0	mA
Quiescent Current Change $8.0\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 25\text{ Vdc}$, $I_O = 500\text{ mA}$ $7.5\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 20\text{ Vdc}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$ $5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.0\text{ A}$	ΔI_B	- - -	0.3 - 0.08	0.8 0.8 0.5	mA
Ripple Rejection $8.0\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 18\text{ Vdc}$, $f = 120\text{ Hz}$, $I_O = 500\text{ mA}$	RR	68	83	-	dB
Dropout Voltage ($I_O = 1.0\text{ A}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$)	$V_I - V_O$	-	2.0	-	Vdc

NOTES: 1. $T_{low} = -40^\circ\text{C}$ for MC78XXAC, C, LM340AT-XX, LM340T-XX $T_{high} = +125^\circ\text{C}$ for MC78XXAC, C, LM340AT-XX, LM340T-XX

2. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.

MC7800, MC7800A, LM340, LM340A Series

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued) ($V_{in} = 10\text{ V}$, $I_O = 1.0\text{ A}$, $T_J = T_{low}$ to T_{high} [Note 1], unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	MC7805A/LM340AT-5			Unit
		Min	Typ	Max	
Output Noise Voltage ($T_A = 25^\circ\text{C}$) $10\text{ Hz} \leq f \leq 100\text{ kHz}$	V_n	–	10	–	$\mu\text{V}/\text{V}_O$
Output Resistance ($f = 1.0\text{ kHz}$)	r_O	–	0.9	–	$\text{m}\Omega$
Short Circuit Current Limit ($T_A = 25^\circ\text{C}$) $V_{in} = 35\text{ Vdc}$	I_{SC}	–	0.2	–	A
Peak Output Current ($T_J = 25^\circ\text{C}$)	I_{max}	–	2.2	–	A
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TCV_O	–	–0.3	–	$\text{mV}/^\circ\text{C}$

NOTES: 1. $T_{low} = -40^\circ\text{C}$ for MC7800AC, C, LM340AT-XX, LM340T-XX $T_{high} = +125^\circ\text{C}$ for MC7800AC, C, LM340AT-XX, LM340T-XX
2. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{in} = 11\text{ V}$, $I_O = 500\text{ mA}$, $T_J = T_{low}$ to T_{high} [Note 1], unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	MC7806C			Unit
		Min	Typ	Max	
Output Voltage ($T_J = 25^\circ\text{C}$)	V_O	5.75	6.0	6.25	Vdc
Output Voltage ($5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.0\text{ A}$, $P_D \leq 15\text{ W}$) $8.0\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 21\text{ Vdc}$ $9.0\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 21\text{ Vdc}$	V_O	5.7	6.0	6.3	Vdc
Line Regulation, $T_J = 25^\circ\text{C}$ (Note 2) $8.0\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 25\text{ Vdc}$ $9.0\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 13\text{ Vdc}$	Regline	–	0.5 0.6	24 12	mV
Load Regulation, $T_J = 25^\circ\text{C}$ (Note 2) $5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.5\text{ A}$	Regload	–	1.3	30	mV
Quiescent Current ($T_J = 25^\circ\text{C}$)	I_B	–	3.3	8.0	mA
Quiescent Current Change $8.0\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 25\text{ Vdc}$ $5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.0\text{ A}$	ΔI_B	–	0.3 0.08	1.3 0.5	mA
Ripple Rejection $9.0\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 19\text{ Vdc}$, $f = 120\text{ Hz}$	RR	58	65	–	dB
Dropout Voltage ($I_O = 1.0\text{ A}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$)	$V_I - V_O$	–	2.0	–	Vdc
Output Noise Voltage ($T_A = 25^\circ\text{C}$) $10\text{ Hz} \leq f \leq 100\text{ kHz}$	V_n	–	10	–	$\mu\text{V}/\text{V}_O$
Output Resistance $f = 1.0\text{ kHz}$	r_O	–	0.9	–	$\text{m}\Omega$
Short Circuit Current Limit ($T_A = 25^\circ\text{C}$) $V_{in} = 35\text{ Vdc}$	I_{SC}	–	0.2	–	A
Peak Output Current ($T_J = 25^\circ\text{C}$)	I_{max}	–	2.2	–	A
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TCV_O	–	–0.3	–	$\text{mV}/^\circ\text{C}$

NOTES: 1. $T_{low} = -40^\circ\text{C}$ for MC7800AC, C $T_{high} = +125^\circ\text{C}$ for MC7800AC, C
2. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.

MC7800, MC7800A, LM340, LM340A Series

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{in} = 11\text{ V}$, $I_O = 1.0\text{ A}$, $T_J = T_{low}$ to T_{high} [Note 1], unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	MC7806AC			Unit
		Min	Typ	Max	
Output Voltage ($T_J = 25^\circ\text{C}$)	V_O	5.88	6.0	6.12	Vdc
Output Voltage ($5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.0\text{ A}$, $P_D \leq 15\text{ W}$) $8.6\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 21\text{ Vdc}$	V_O	5.76	6.0	6.24	Vdc
Line Regulation (Note 2) $8.6\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 25\text{ Vdc}$, $I_O = 500\text{ mA}$ $9.0\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 13\text{ Vdc}$, $I_O = 1.0\text{ A}$	Reg _{line}	–	5.0 1.4	12 15	mV
Load Regulation (Note 2) $5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.5\text{ A}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$ $5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.0\text{ A}$ $250\text{ mA} \leq I_O \leq 750\text{ mA}$	Reg _{load}	–	1.3 0.9 0.2	25 25 15	mV
Quiescent Current	I_B	–	3.3	6.0	mA
Quiescent Current Change $9.0\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 25\text{ Vdc}$, $I_O = 500\text{ mA}$ $9.0\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 21\text{ Vdc}$, $I_O = 1.0\text{ A}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$ $5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.0\text{ A}$	ΔI_B	–	–	0.8 0.8 0.5	mA
Ripple Rejection $9.0\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 19\text{ Vdc}$, $f = 120\text{ Hz}$, $I_O = 500\text{ mA}$	RR	58	65	–	dB
Dropout Voltage ($I_O = 1.0\text{ A}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$)	$V_I - V_O$	–	2.0	–	Vdc
Output Noise Voltage ($T_A = 25^\circ\text{C}$) $10\text{ Hz} \leq f \leq 100\text{ kHz}$	V_n	–	10	–	$\mu\text{V}/V_O$
Output Resistance ($f = 1.0\text{ kHz}$)	r_O	–	0.9	–	m Ω
Short Circuit Current Limit ($T_A = 25^\circ\text{C}$) $V_{in} = 35\text{ Vdc}$	I_{SC}	–	0.2	–	A
Peak Output Current ($T_J = 25^\circ\text{C}$)	I_{max}	–	2.2	–	A
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TCV_O	–	–0.3	–	$\text{mV}/^\circ\text{C}$

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{in} = 14\text{ V}$, $I_O = 500\text{ mA}$, $T_J = T_{low}$ to T_{high} [Note 1], unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	MC7808C			Unit
		Min	Typ	Max	
Output Voltage ($T_J = 25^\circ\text{C}$)	V_O	7.7	8.0	8.3	Vdc
Output Voltage ($5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.0\text{ A}$, $P_D \leq 15\text{ W}$) $10.5\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 23\text{ Vdc}$	V_O	7.6	8.0	8.4	Vdc
Line Regulation, $T_J = 25^\circ\text{C}$, (Note 2) $10.5\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 25\text{ Vdc}$ $11\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 17\text{ Vdc}$	Reg _{line}	–	6.0 1.7	32 16	mV
Load Regulation, $T_J = 25^\circ\text{C}$ (Note 2) $5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.5\text{ A}$	Reg _{load}	–	1.4	35	mV
Quiescent Current	I_B	–	3.3	8.0	mA
Quiescent Current Change $10.5\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 25\text{ Vdc}$ $5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.0\text{ A}$	ΔI_B	–	–	1.0 0.5	mA
Ripple Rejection $11.5\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 18\text{ Vdc}$, $f = 120\text{ Hz}$	RR	56	62	–	dB
Dropout Voltage ($I_O = 1.0\text{ A}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$)	$V_I - V_O$	–	2.0	–	Vdc
Output Noise Voltage ($T_A = 25^\circ\text{C}$) $10\text{ Hz} \leq f \leq 100\text{ kHz}$	V_n	–	10	–	$\mu\text{V}/V_O$

NOTES: 1. $T_{low} = -40^\circ\text{C}$ for MC78XXAC, C $T_{high} = +125^\circ\text{C}$ for MC78XXAC, C

2. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used

MC7800, MC7800A, LM340, LM340A Series

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued) ($V_{in} = 14\text{ V}$, $I_O = 500\text{ mA}$, $T_J = T_{low}$ to T_{high} [Note 1], unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	MC7808C			Unit
		Min	Typ	Max	
Output Resistance ($f = 1.0\text{ kHz}$)	r_O	–	0.9	–	$m\Omega$
Short Circuit Current Limit ($T_A = 25^\circ\text{C}$) $V_{in} = 35\text{ Vdc}$	I_{SC}	–	0.2	–	A
Peak Output Current ($T_J = 25^\circ\text{C}$)	I_{max}	–	2.2	–	A
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TCV_O	–	–0.4	–	$mV/^\circ\text{C}$

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{in} = 14\text{ V}$, $I_O = 1.0\text{ A}$, $T_J = T_{low}$ to T_{high} [Note 1], unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	MC7808AC			Unit
		Min	Typ	Max	
Output Voltage ($T_J = 25^\circ\text{C}$)	V_O	7.84	8.0	8.16	Vdc
Output Voltage ($5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.0\text{ A}$, $P_D \leq 15\text{ W}$) $10.6\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 23\text{ Vdc}$	V_O	7.7	8.0	8.3	Vdc
Line Regulation (Note 2) $10.6\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 25\text{ Vdc}$, $I_O = 500\text{ mA}$ $11\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 17\text{ Vdc}$, $I_O = 1.0\text{ A}$ $10.4\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 23\text{ Vdc}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$	Reg _{line}	–	6.0	15	mV
Load Regulation (Note 2) $5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.5\text{ A}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$ $5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.0\text{ A}$ $250\text{ mA} \leq I_O \leq 750\text{ mA}$	Reg _{load}	–	1.4	25	mV
Quiescent Current	I_B	–	3.3	6.0	mA
Quiescent Current Change $11\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 25\text{ Vdc}$, $I_O = 500\text{ mA}$ $10.6\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 23\text{ Vdc}$, $I_O = 1.0\text{ A}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$ $5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.0\text{ A}$	ΔI_B	–	–	0.8	mA
Ripple Rejection $11.5\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 21.5\text{ Vdc}$, $f = 120\text{ Hz}$, $I_O = 500\text{ mA}$	RR	58	62	–	dB
Dropout Voltage ($I_O = 1.0\text{ A}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$)	$V_I - V_O$	–	2.0	–	Vdc
Output Noise Voltage ($T_A = 25^\circ\text{C}$) $10\text{ Hz} \leq f \leq 100\text{ kHz}$	V_n	–	10	–	$\mu\text{V}/V_O$
Output Resistance $f = 1.0\text{ kHz}$	r_O	–	0.9	–	$m\Omega$
Short Circuit Current Limit ($T_A = 25^\circ\text{C}$) $V_{in} = 35\text{ Vdc}$	I_{SC}	–	0.2	–	A
Peak Output Current ($T_J = 25^\circ\text{C}$)	I_{max}	–	2.2	–	A
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TCV_O	–	–0.4	–	$mV/^\circ\text{C}$

NOTES: 1. $T_{low} = -40^\circ\text{C}$ for MC78XXAC, C $T_{high} = +125^\circ\text{C}$ for MC78XXAC, C2. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC7800, MC7800A, LM340, LM340A Series

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{in} = 15\text{ V}$, $I_O = 500\text{ mA}$, $T_J = T_{low}$ to T_{high} [Note 1], unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	MC7809CT			Unit
		Min	Typ	Max	
Output Voltage ($T_J = 25^\circ\text{C}$)	V_O	8.65	9.0	9.35	Vdc
Output Voltage ($5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.0\text{ A}$, $P_D \leq 15\text{ W}$) $11.5\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 24\text{ Vdc}$	V_O	8.55	9.0	9.45	Vdc
Line Regulation, $T_J = 25^\circ\text{C}$ (Note 2) $11\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 26\text{ Vdc}$ $11.5\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 17\text{ Vdc}$	Reg _{line}	–	6.2 1.8	32 16	mV
Load Regulation, $T_J = 25^\circ\text{C}$ (Note 2) $5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.5\text{ A}$	Reg _{load}	–	1.5	35	mV
Quiescent Current	I_B	–	3.4	8.0	mA
Quiescent Current Change $11.5\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 26\text{ Vdc}$ $5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.0\text{ A}$	ΔI_B	–	–	1.0 0.5	mA
Ripple Rejection $11.5\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 21.5\text{ Vdc}$, $f = 120\text{ Hz}$	RR	56	61	–	dB
Dropout Voltage ($I_O = 1.0\text{ A}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$)	$V_I - V_O$	–	2.0	–	Vdc
Output Noise Voltage ($T_A = 25^\circ\text{C}$) $10\text{ Hz} \leq f \leq 100\text{ kHz}$	V_n	–	10	–	$\mu\text{V}/V_O$
Output Resistance $f = 1.0\text{ kHz}$	r_O	–	1.0	–	m Ω
Short Circuit Current Limit ($T_A = 25^\circ\text{C}$) $V_{in} = 35\text{ Vdc}$	I_{SC}	–	0.2	–	A
Peak Output Current ($T_J = 25^\circ\text{C}$)	I_{max}	–	2.2	–	A
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TCV _O	–	–0.5	–	mV/°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{in} = 19\text{ V}$, $I_O = 500\text{ mA}$, $T_J = T_{low}$ to T_{high} [Note 1], unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	MC7812G/LM340T-12			Unit
		Min	Typ	Max	
Output Voltage ($T_J = 25^\circ\text{C}$)	V_O	11.5	12	12.5	Vdc
Output Voltage ($5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.0\text{ A}$, $P_D \leq 15\text{ W}$) $14.5\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 27\text{ Vdc}$	V_O	11.4	12	12.6	Vdc
Line Regulation, $T_J = 25^\circ\text{C}$ (Note 2) $14.5\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 30\text{ Vdc}$ $16\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 22\text{ Vdc}$ $14.8\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 27\text{ Vdc}$, $I_O = 1.0\text{ A}$	Reg _{line}	–	3.8 0.3 –	24 24 48	mV
Load Regulation, $T_J = 25^\circ\text{C}$ (Note 2) $5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.5\text{ A}$	Reg _{load}	–	8.1	60	mV
Quiescent Current	I_B	–	3.4	6.5	mA
Quiescent Current Change $14.5\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 30\text{ Vdc}$, $I_O = 1.0\text{ A}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$ $15\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 30\text{ Vdc}$ $5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.0\text{ A}$	ΔI_B	–	–	0.7 0.8 0.5	mA
Ripple Rejection $15\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 25\text{ Vdc}$, $f = 120\text{ Hz}$	RR	55	60	–	dB
Dropout Voltage ($I_O = 1.0\text{ A}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$)	$V_I - V_O$	–	2.0	–	Vdc

NOTES: 1. $T_{low} = -40^\circ\text{C}$ for MC78XXAC, C, LM340AT-XX, LM340T-XX $T_{high} = +125^\circ\text{C}$ for MC78XXAC, C, LM340AT-XX, LM340T-XX

2. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.

MC7800, MC7800A, LM340, LM340A Series

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued) ($V_{in} = 19\text{ V}$, $I_O = 500\text{ mA}$, $T_J = T_{low}$ to T_{high} [Note 1], unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	MC7812C/LM340T-12			Unit
		Min	Typ	Max	
Output Noise Voltage ($T_A = 25^\circ\text{C}$) $10\text{ Hz} \leq f \leq 100\text{ kHz}$	V_n	-	10	-	$\mu\text{V}/V_O$
Output Resistance $f = 1.0\text{ kHz}$	r_O	-	1.1	-	$\text{m}\Omega$
Short Circuit Current Limit ($T_A = 25^\circ\text{C}$) $V_{in} = 35\text{ Vdc}$	I_{sc}	-	0.2	-	A
Peak Output Current ($T_J = 25^\circ\text{C}$)	I_{max}	-	2.2	-	A
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TCV_O	-	-0.8	-	$\text{mV}/^\circ\text{C}$

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{in} = 19\text{ V}$, $I_O = 1.0\text{ A}$, $T_J = T_{low}$ to T_{high} [Note 1], unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	MC7812AC/LM340AT-12			Unit
		Min	Typ	Max	
Output Voltage ($T_J = 25^\circ\text{C}$)	V_O	11.75	12	12.25	Vdc
Output Voltage ($5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.0\text{ A}$, $P_D \leq 15\text{ W}$) $14.8\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 27\text{ Vdc}$	V_O	11.5	12	12.5	Vdc
Line Regulation (Note 2) $14.8\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 30\text{ Vdc}$, $I_O = 500\text{ mA}$ $16\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 22\text{ Vdc}$, $I_O = 1.0\text{ A}$ $14.5\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 27\text{ Vdc}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$	Regline	-	3.8 2.2 6.0	18 20 120	mV
Load Regulation (Note 2) $5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.5\text{ A}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$ $5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.0\text{ A}$	Regload	-	-	25 25	mV
Quiescent Current	I_B	-	3.4	6.0	mA
Quiescent Current Change $15\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 30\text{ Vdc}$, $I_O = 500\text{ mA}$ $14.8\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 27\text{ Vdc}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$ $5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.0\text{ A}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$	ΔI_B	-	-	0.8 0.8 0.5	mA
Ripple Rejection $15\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 25\text{ Vdc}$, $f = 120\text{ Hz}$, $I_O = 500\text{ mA}$	RR	55	60	-	dB
Dropout Voltage ($I_O = 1.0\text{ A}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$)	$V_I - V_O$	-	2.0	-	Vdc
Output Noise Voltage ($T_A = 25^\circ\text{C}$) $10\text{ Hz} \leq f \leq 100\text{ kHz}$	V_n	-	10	-	$\mu\text{V}/V_O$
Output Resistance ($f = 1.0\text{ kHz}$)	r_O	-	1.1	-	$\text{m}\Omega$
Short Circuit Current Limit ($T_A = 25^\circ\text{C}$) $V_{in} = 35\text{ Vdc}$	I_{sc}	-	0.2	-	A
Peak Output Current ($T_J = 25^\circ\text{C}$)	I_{max}	-	2.2	-	A
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TCV_O	-	-0.8	-	$\text{mV}/^\circ\text{C}$

NOTES: 1. $T_{low} = -40^\circ\text{C}$ for MC78XXAC, C, LM340AT-XX, LM340T-XX $T_{high} = +125^\circ\text{C}$ for MC78XXAC, C, LM340AT-XX, LM340T-XX2. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.

MC7800, MC7800A, LM340, LM340A Series

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{in} = 23\text{ V}$, $I_O = 500\text{ mA}$, $T_J = T_{low}$ to T_{high} [Note 1], unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	MC7815C/LM340T-15			Unit
		Min	Typ	Max	
Output Voltage ($T_J = 25^\circ\text{C}$)	V_O	14.4	15	15.6	Vdc
Output Voltage ($5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.0\text{ A}$, $P_D \leq 15\text{ W}$) $17.5\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 30\text{ Vdc}$	V_O	14.25	15	15.75	Vdc
Line Regulation, $T_J = 25^\circ\text{C}$ (Note 2) $17.9\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 30\text{ Vdc}$ $20\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 28\text{ Vdc}$	Reg _{line}	–	8.5 3.0	30 28	mV
Load Regulation, $T_J = 25^\circ\text{C}$ (Note 2) $5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.5\text{ A}$	Reg _{load}	–	1.8	55	mV
Quiescent Current	I_B	–	3.5	6.5	mA
Quiescent Current Change $17.5\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 30\text{ Vdc}$ $17.5\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 30\text{ Vdc}$, $I_O = 1.0\text{ A}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$ $5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.0\text{ A}$	ΔI_B	–	–	0.8 0.7 0.5	mA
Ripple Rejection $18.5\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 28.5\text{ Vdc}$, $f = 120\text{ Hz}$	RR	54	58	–	dB
Dropout Voltage ($I_O = 1.0\text{ A}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$)	$V_I - V_O$	–	2.0	–	Vdc
Output Noise Voltage ($T_A = 25^\circ\text{C}$) $10\text{ Hz} \leq f \leq 100\text{ kHz}$	V_n	–	10	–	$\mu\text{V}/V_O$
Output Resistance $f = 1.0\text{ kHz}$	r_O	–	1.2	–	m Ω
Short Circuit Current Limit ($T_A = 25^\circ\text{C}$) $V_{in} = 35\text{ Vdc}$	I_{sc}	–	0.2	–	A
Peak Output Current ($T_J = 25^\circ\text{C}$)	I_{max}	–	2.2	–	A
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TC _{VO}	–	–1.0	–	mV/°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{in} = 23\text{ V}$, $I_O = 1.0\text{ A}$, $T_J = T_{low}$ to T_{high} [Note 1], unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	MC7815AC/LM340AT-15			Unit
		Min	Typ	Max	
Output Voltage ($T_J = 25^\circ\text{C}$)	V_O	14.7	15	15.3	Vdc
Output Voltage ($5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.0\text{ A}$, $P_D \leq 15\text{ W}$) $17.9\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 30\text{ Vdc}$	V_O	14.4	15	15.6	Vdc
Line Regulation (Note 2) $17.9\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 30\text{ Vdc}$, $I_O = 500\text{ mA}$ $20\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 28\text{ Vdc}$ $17.5\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 30\text{ Vdc}$, $I_O = 1.0\text{ A}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$	Reg _{line}	–	8.5 3.0 7.0	20 22 20	mV
Load Regulation (Note 2) $5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.5\text{ A}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$ $5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.0\text{ A}$ $250\text{ mA} \leq I_O \leq 750\text{ mA}$	Reg _{load}	–	1.8 1.5 1.2	25 25 15	mV
Quiescent Current	I_B	–	3.5	6.0	mA
Quiescent Current Change $17.5\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 30\text{ Vdc}$, $I_O = 500\text{ mA}$ $17.5\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 30\text{ Vdc}$, $I_O = 1.0\text{ A}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$ $5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.0\text{ A}$	ΔI_B	–	–	0.8 0.8 0.5	mA

NOTES: 1. $T_{low} = -40^\circ\text{C}$ for MC78XXAC, C, LM340AT-XX, LM340T-XX $T_{high} = +125^\circ\text{C}$ for MC78XXAC, C, LM340AT-XX, LM340T-XX

2. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC7800, MC7800A, LM340, LM340A Series

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued) ($V_{in} = 23\text{ V}$, $I_O = 1.0\text{ A}$, $T_J = T_{low}$ to T_{high} [Note 1], unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	MC7815AC/LM340AT-15			Unit
		Min	Typ	Max	
Ripple Rejection $18.5\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 28.5\text{ Vdc}$, $f = 120\text{ Hz}$, $I_O = 500\text{ mA}$	RR	60	80	-	dB
Dropout Voltage ($I_O = 1.0\text{ A}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$)	$V_I - V_O$	-	2.0	-	Vdc
Output Noise Voltage ($T_A = 25^\circ\text{C}$) $10\text{ Hz} \leq f \leq 100\text{ kHz}$	V_n	-	10	-	$\mu\text{V}/V_O$
Output Resistance $f = 1.0\text{ kHz}$	r_O	-	1.2	-	$\text{m}\Omega$
Short Circuit Current Limit ($T_A = 25^\circ\text{C}$) $V_{in} = 35\text{ Vdc}$	I_{SC}	-	0.2	-	A
Peak Output Current ($T_J = 25^\circ\text{C}$)	I_{max}	-	2.2	-	A
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TCV _O	-	-1.0	-	$\text{mV}/^\circ\text{C}$

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{in} = 27\text{ V}$, $I_O = 500\text{ mA}$, $T_J = T_{low}$ to T_{high} [Note 1], unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	MC7818C			Unit
		Min	Typ	Max	
Output Voltage ($T_J = 25^\circ\text{C}$)	V_O	17.3	18	18.7	Vdc
Output Voltage ($5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.0\text{ A}$, $P_D \leq 15\text{ W}$) $21\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 33\text{ Vdc}$	V_O	17.1	18	18.9	Vdc
Line Regulation, (Note 2) $21\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 33\text{ Vdc}$ $24\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 30\text{ Vdc}$	Reg _{line}	-	9.5 3.2	50 25	mV
Load Regulation, (Note 2) $5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.5\text{ A}$	Reg _{load}	-	2.0	55	mV
Quiescent Current	I_B	-	3.5	6.5	mA
Quiescent Current Change $21\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 33\text{ Vdc}$ $5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.0\text{ A}$	ΔI_B	-	-	1.0 0.5	mA
Ripple Rejection $22\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 33\text{ Vdc}$, $f = 120\text{ Hz}$	RR	53	57	-	dB
Dropout Voltage ($I_O = 1.0\text{ A}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$)	$V_{II} - V_O$	-	2.0	-	Vdc
Output Noise Voltage ($T_A = 25^\circ\text{C}$) $10\text{ Hz} \leq f \leq 100\text{ kHz}$	V_n	-	10	-	$\mu\text{V}/V_O$
Output Resistance $f = 1.0\text{ kHz}$	r_O	-	1.3	-	$\text{m}\Omega$
Short Circuit Current Limit ($T_A = 25^\circ\text{C}$) $V_{in} = 35\text{ Vdc}$	I_{SC}	-	0.2	-	A
Peak Output Current ($T_J = 25^\circ\text{C}$)	I_{max}	-	2.2	-	A
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TCV _O	-	-1.5	-	$\text{mV}/^\circ\text{C}$

NOTES: 1. $T_{low} = -40^\circ\text{C}$ for MC78XXAC, C. $T_{high} = +125^\circ\text{C}$ for MC78XXAC, C.

2. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC7800, MC7800A, LM340, LM340A Series

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{in} = 27\text{ V}$, $I_O = 1.0\text{ A}$, $T_J = T_{low}$ to T_{high} [Note 1], unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	MC7818AC			Unit
		Min	Typ	Max	
Output Voltage ($T_J = 25^\circ\text{C}$)	V_O	17.64	18	18.36	Vdc
Output Voltage ($5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.0\text{ A}$, $P_D \leq 15\text{ W}$) $21\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 33\text{ Vdc}$	V_O	17.3	18	18.7	Vdc
Line Regulation (Note 2) $21\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 33\text{ Vdc}$, $I_O = 500\text{ mA}$ $24\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 30\text{ Vdc}$, $I_O = 1.0\text{ A}$ $24\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 30\text{ Vdc}$, $I_O = 1.0\text{ A}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$ $20.6\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 33\text{ Vdc}$, $I_O = 1.0\text{ A}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$	Regline	-	9.5 3.2 3.2 8.0	22 25 10.5 22	mV
Load Regulation (Note 2) $5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.5\text{ A}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$ $5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.0\text{ A}$ $250\text{ mA} \leq I_O \leq 750\text{ mA}$	Regload	-	2.0 1.8 1.5	25 25 15	mV
Quiescent Current	I_B	-	3.5	6.0	mA
Quiescent Current Change $21\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 33\text{ Vdc}$, $I_O = 500\text{ mA}$ $21.5\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 30\text{ Vdc}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$ $5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.0\text{ A}$	ΔI_B	-	-	0.8 0.8 0.5	mA
Ripple Rejection $22\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 32\text{ Vdc}$, $f = 120\text{ Hz}$, $I_O = 500\text{ mA}$	RR	53	57	-	dB
Dropout Voltage ($I_O = 1.0\text{ A}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$)	$V_I - V_O$	-	2.0	-	Vdc
Output Noise Voltage ($T_A = 25^\circ\text{C}$) $10\text{ Hz} \leq f \leq 100\text{ kHz}$	V_n	-	10	-	$\mu\text{V}/V_O$
Output Resistance $f = 1.0\text{ kHz}$	r_O	-	1.3	-	m Ω
Short Circuit Current Limit ($T_A = 25^\circ\text{C}$) $V_{in} = 35\text{ Vdc}$	I_{SC}	-	0.2	-	A
Peak Output Current ($T_J = 25^\circ\text{C}$)	I_{max}	-	2.2	-	A
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TCV_O	-	-1.5	-	$\text{mV}/^\circ\text{C}$

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{in} = 33\text{ V}$, $I_O = 500\text{ mA}$, $T_J = T_{low}$ to T_{high} [Note 1], unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	MC7824C			Unit
		Min	Typ	Max	
Output Voltage ($T_J = 25^\circ\text{C}$)	V_O	23	24	25	Vdc
Output Voltage ($5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.0\text{ A}$, $P_D \leq 15\text{ W}$) $27\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 38\text{ Vdc}$	V_O	22.8	24	25.2	Vdc
Line Regulation (Note 2) $27\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 38\text{ Vdc}$ $30\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 36\text{ Vdc}$	Regline	-	2.7 2.7	60 48	mV
Load Regulation (Note 2) $5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.5\text{ A}$	Regload	-	4.4	65	mV
Quiescent Current	I_B	-	3.8	6.5	mA
Quiescent Current Change $27\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 38\text{ Vdc}$ $5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.0\text{ A}$	ΔI_B	-	-	1.0 0.5	mA

NOTES: 1. $T_{low} = -40^\circ\text{C}$ for MC78XXAC, C $T_{high} = +125^\circ\text{C}$ for MC78XXAC, C

2. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC7800, MC7800A, LM340, LM340A Series

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued) ($V_{in} = 33\text{ V}$, $I_O = 500\text{ mA}$, $T_J = T_{low}$ to T_{high} [Note 1], unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	MC7824C			Unit
		Min	Typ	Max	
Ripple Rejection $28\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 38\text{ Vdc}$, $f = 120\text{ Hz}$	RR	50	54	-	dB
Dropout Voltage ($I_O = 1.0\text{ A}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$)	$V_I - V_O$	-	2.0	-	Vdc
Output Noise Voltage ($T_A = 25^\circ\text{C}$) $10\text{ Hz} \leq f \leq 100\text{ kHz}$	V_n	-	10	-	μVV_O
Output Resistance $f = 1.0\text{ kHz}$	r_O	-	1.4	-	m Ω
Short Circuit Current Limit ($T_A = 25^\circ\text{C}$) $V_{in} = 35\text{ Vdc}$	Isc	-	0.2	-	A
Peak Output Current ($T_J = 25^\circ\text{C}$)	I_{max}	-	2.2	-	A
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TCV _O	-	-2.0	-	mV/°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{in} = 33\text{ V}$, $I_O = 1.0\text{ A}$, $T_J = T_{low}$ to T_{high} [Note 1], unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	MC7824AC			Unit
		Min	Typ	Max	
Output Voltage ($T_J = 25^\circ\text{C}$)	V_O	23.5	24	24.5	Vdc
Output Voltage ($5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.0\text{ A}$, $P_D \leq 15\text{ W}$) $27.3\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 38\text{ Vdc}$	V_O	23.2	24	25.8	Vdc
Line Regulation (Note 2) $27\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 38\text{ Vdc}$, $I_O = 500\text{ mA}$ $30\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 36\text{ Vdc}$, $I_O = 1.0\text{ A}$ $30\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 36\text{ Vdc}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$ $26.7\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 38\text{ Vdc}$, $I_O = 1.0\text{ A}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$	Reg _{line}	-	11.5 3.8 3.8 10	25 28 12 25	mV
Load Regulation (Note 2) $5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.5\text{ A}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$ $5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.0\text{ A}$ $250\text{ mA} \leq I_O \leq 750\text{ mA}$	Reg _{load}	-	2.1 2.0 1.8	15 25 15	mV
Quiescent Current	I_B	-	3.6	6.0	mA
Quiescent Current Change $27.3\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 38\text{ Vdc}$, $I_O = 500\text{ mA}$ $27\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 38\text{ Vdc}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$ $5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.0\text{ A}$	ΔI_B	-	-	0.8 0.8 0.5	mA
Ripple Rejection $28\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 38\text{ Vdc}$, $f = 120\text{ Hz}$, $I_O = 500\text{ mA}$	RR	45	54	-	dB
Dropout Voltage ($I_O = 1.0\text{ A}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$)	$V_I - V_O$	-	2.0	-	Vdc
Output Noise Voltage ($T_A = 25^\circ\text{C}$) $10\text{ Hz} \leq f \leq 100\text{ kHz}$	V_n	-	10	-	μVV_O
Output Resistance ($f = 1.0\text{ kHz}$)	r_O	-	1.4	-	m Ω
Short Circuit Current Limit ($T_A = 25^\circ\text{C}$) $V_{in} = 35\text{ Vdc}$	Isc	-	0.2	-	A
Peak Output Current ($T_J = 25^\circ\text{C}$)	I_{max}	-	2.2	-	A
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TCV _O	-	-2.0	-	mV/°C

NOTES: 1. $T_{low} = -40^\circ\text{C}$ for MC78XXAC, C $T_{high} = +125^\circ\text{C}$ for MC78XXAC, C2. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC7800, MC7800A, LM340, LM340A Series

Figure 1. Peak Output Current as a Function of Input/Output Differential Voltage (MC78XXC, AC)

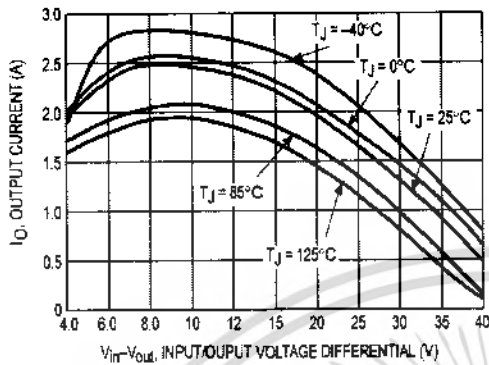


Figure 2. Ripple Rejection as a Function of Output Voltages (MC78XXC, AC)

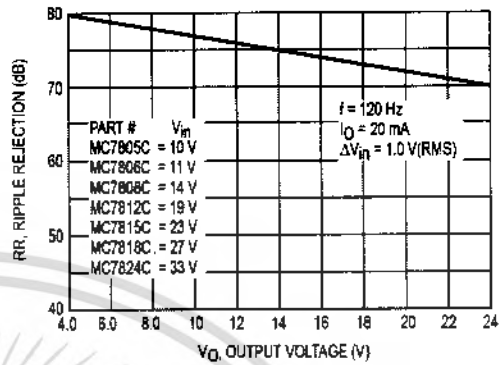


Figure 3. Ripple Rejection as a Function of Frequency (MC78XXC, AC)

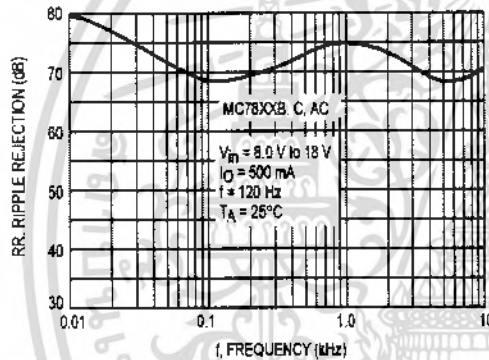


Figure 4. Output Voltage as a Function of Junction Temperature (MC7805C, AC)

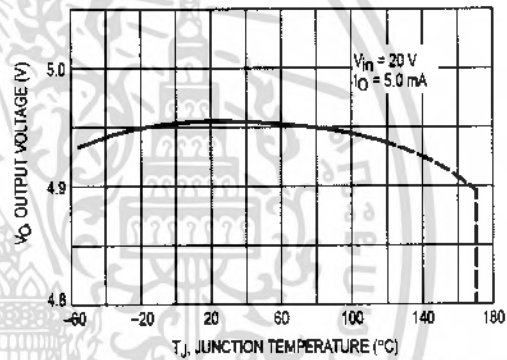


Figure 5. Output Impedance as a Function of Output Voltage (MC78XXC, AC)

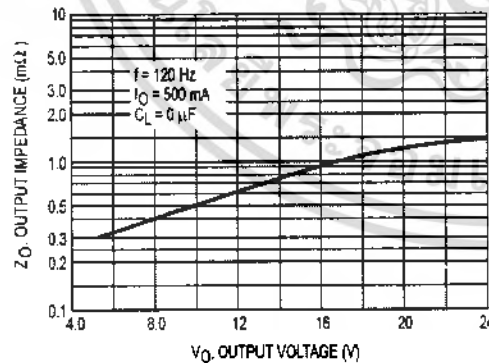
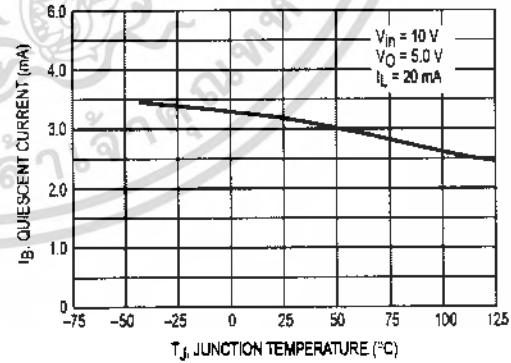


Figure 6. Quiescent Current as a Function of Temperature (MC78XXC, AC)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC7800, MC7800A, LM340, LM340A Series APPLICATIONS INFORMATION

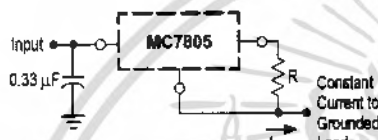
Design Considerations

The MC7800 Series of fixed voltage regulators are designed with Thermal Overload Protection that shuts down the circuit when subjected to an excessive power overload condition, Internal Short Circuit Protection that limits the maximum current the circuit will pass, and Output Transistor Safe-Area Compensation that reduces the output short circuit current as the voltage across the pass transistor is increased.

In many low current applications, compensation capacitors are not required. However, it is recommended that the regulator input be bypassed with a capacitor if the regulator is connected to the power supply filter with long

wire lengths, or if the output load capacitance is large. An input bypass capacitor should be selected to provide good high-frequency characteristics to insure stable operation under all load conditions. A 0.33 μF or larger tantalum, mylar, or other capacitor having low internal impedance at high frequencies should be chosen. The bypass capacitor should be mounted with the shortest possible leads directly across the regulators input terminals. Normally good construction techniques should be used to minimize ground loops and lead resistance drops since the regulator has no external sense lead.

Figure 7. Current Regulator



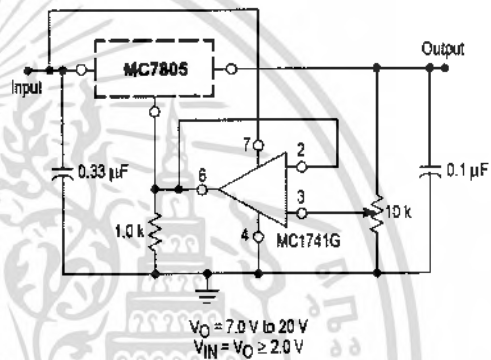
The MC7800 regulators can also be used as a current source when connected as above. In order to minimize dissipation the MC7805C is chosen in this application. Resistor R determines the current as follows:

$$I_O = \frac{5.0 \text{ V}}{R} + I_B$$

$$I_B \approx 3.2 \text{ mA over line and load changes.}$$

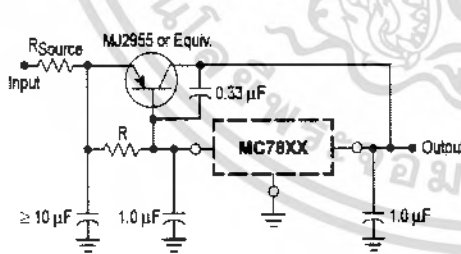
For example, a 1.0 A current source would require R to be a 5.0 Ω, 10 W resistor and the output voltage compliance would be the input voltage less 7.0 V.

Figure 8. Adjustable Output Regulator



The addition of an operational amplifier allows adjustment to higher or intermediate values while retaining regulation characteristics. The minimum voltage obtainable with this arrangement is 2.0 V greater than the regulator voltage.

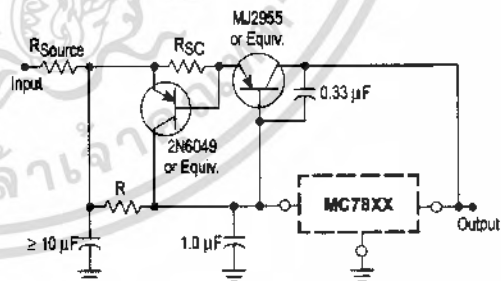
Figure 9. Current Boost Regulator



XX = 2 digits of type number indicating voltage.

The MC7800 series can be current boosted with a PNP transistor. The MJ2955 provides current to 5.0 A. Resistor R in conjunction with the V_{BE} of the PNP determines when the pass transistor begins conducting; this circuit is not short circuit proof, input/output differential voltage minimum is increased by V_{BE} of the pass transistor.

Figure 10. Short Circuit Protection



XX = 2 digits of type number indicating voltage.

The circuit of Figure 9 can be modified to provide supply protection against short circuits by adding a short circuit sense resistor, R_{SC}, and an additional PNP transistor. The current sensing PNP must be able to handle the short circuit current of the three-terminal regulator. Therefore, a four-ampere plastic power transistor is specified.

MC7800, MC7800A, LM340, LM340A Series

Figure 11. Worst Case Power Dissipation versus Ambient Temperature (Case 221A)

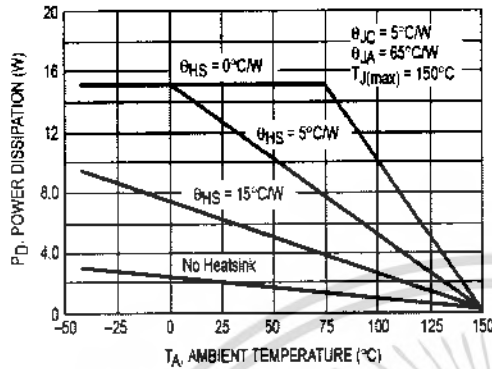


Figure 12. Input Output Differential as a Function of Junction Temperature (MC78XXC, AC)

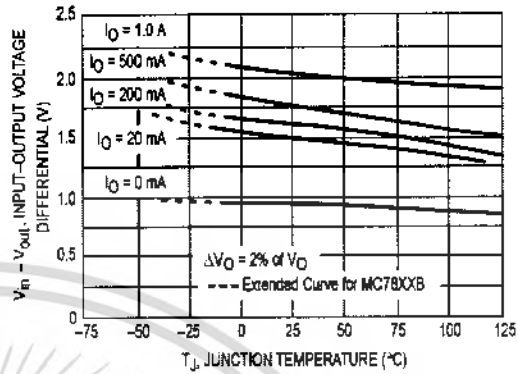
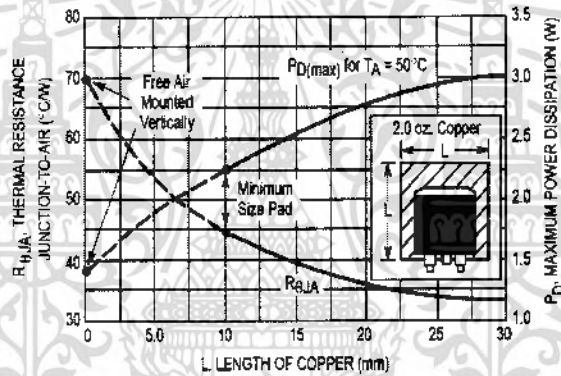


Figure 13. D²PAK Thermal Resistance and Maximum Power Dissipation versus P.C.B. Copper Length



DEFINITIONS

Line Regulation – The change in output voltage for a change in the input voltage. The measurement is made under conditions of low dissipation or by using pulse techniques such that the average chip temperature is not significantly affected.

Load Regulation – The change in output voltage for a change in load current at constant chip temperature.

Maximum Power Dissipation – The maximum total device dissipation for which the regulator will operate within specifications.

Quiescent Current – That part of the input current that is not delivered to the load.

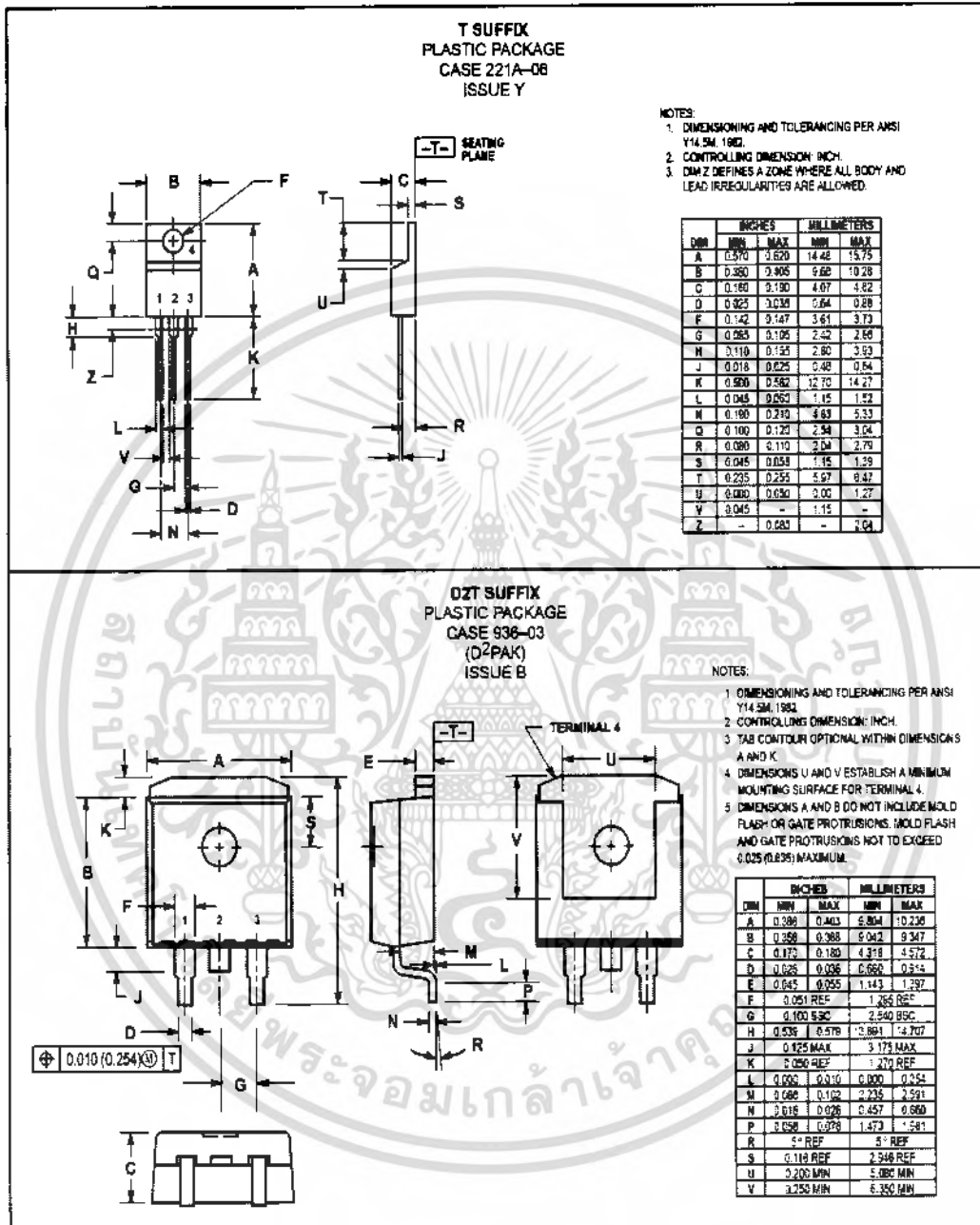
Output Noise Voltage – The rms ac voltage at the output, with constant load and no input ripple, measured over a specified frequency range.

Long Term Stability – Output voltage stability under accelerated life test conditions with the maximum rated voltage listed in the devices' electrical characteristics and maximum power dissipation.

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

MC7800, MC7800A, LM340, LM340A Series

OUTLINE DIMENSIONS



Mfab is a trademark of Motorola, Inc.

How to reach us:

USA/EUROPE/Locations Not Listed: Motorola Literature Distribution;
 P.O. Box 5405, Denver, Colorado 80217, 1-303-875-2140 or 1-800-441-2447

JAPAN: Nippon Motorola Ltd.: SPD, Strategic Planning Office, 4-32-1,
 Nishi-Gotanda, Shinagawa-ku, Tokyo 141, Japan. 81-3-5487-8488

Customer Focus Center: 1-800-521-6274

Mfab: RNFAX0@email.sps.mot.com - TOUCHTONE 1-800-244-6609
 Motorola Fax Back System - US & Canada ONLY 1-800-774-1848
 - http://sps.motorola.com/mfab/

ASIA/PACIFIC: Motorola Semiconductor H.K. Ltd.; 8B Tai Ping Industrial Park,
 51 Ting Kok Road, Tai Po, N.T., Hong Kong. 852-2662998

HOME PAGE: http://motorola.com/spe/



MC7800/D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งาน รถเข็นไฟฟ้า



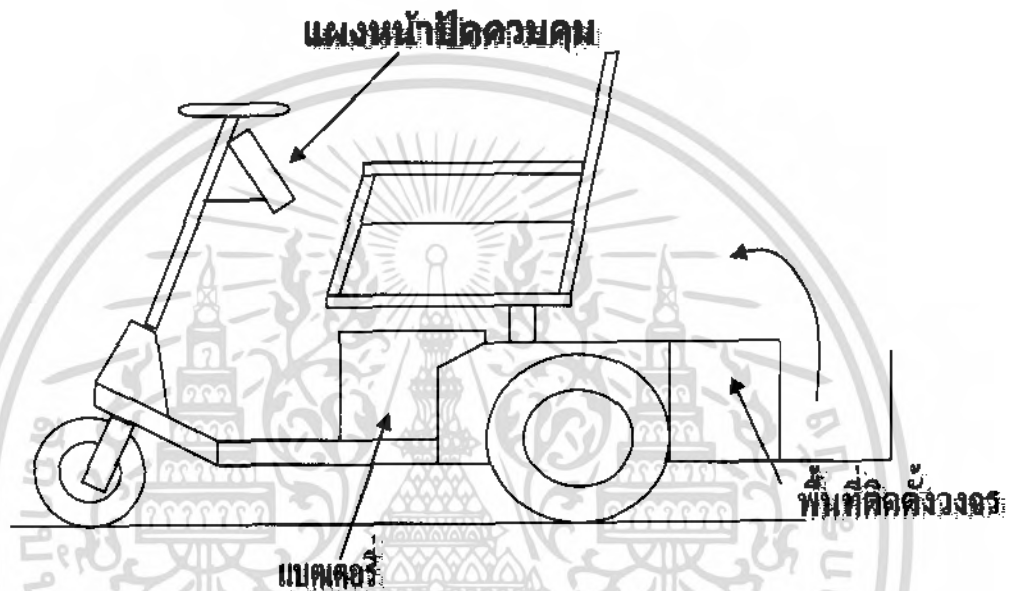
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. คำแนะนำเบื้องต้น

ก่อนที่จะลงมือใช้งานรถสามล้อไฟฟ้าขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงควรทำการศึกษาการใช้งานจากคู่มือให้เข้าใจเพื่อยืดอายุการใช้งานของรถและเพื่อความปลอดภัยของผู้ขับขี่

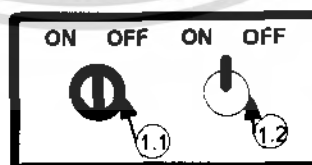
2. ส่วนประกอบและปุ่มควบคุม



รูปที่ ง.1 ส่วนประกอบและปุ่มควบคุมรถสามล้อไฟฟ้าขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

จากรูป ง.1 มีรายละเอียดต่างๆดังนี้

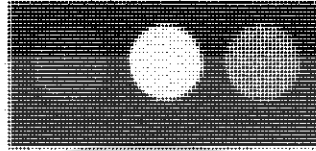
1. สวิตช์



รูปที่ ง.2 ปุ่มสวิตช์ควบคุมรถสามล้อไฟฟ้าขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1.1 สวิตช์กัญแจปิดเปิดเครื่องควบคุมมอเตอร์
- 1.2 สวิตช์โยกปิดเปิดเซนเซอร์กันชนตอนถอยหลัง
2. ตัวตรวจวัดระดับแรงดันแบตเตอรี่



รูปที่ 3.3 หน้าปัดตัวตรวจวัดระดับแรงดันแบตเตอรี่

- 2.1 หลอดแอลอีดีสีแดงแบตเตอรี่น้อยมาก
- 2.2 หลอดแอลอีดีสีเหลืองแบตเตอรี่น้อย
- 2.3 หลอดแอลอีดีสีเขียวแบตเตอรี่ปานกลาง
- 2.4 หลอดแอลอีดีสีเข้มแบตเตอรี่เต็ม
3. หลอดไฟแสดงผล

สถานะพร้อมทำงาน

เกียร์ว่าง

รูปที่ 3.4 ไฟแสดงการทำงานของเครื่องประจุแบตเตอรี่

- 3.1 หลอดแอลอีดีสีเหลืองแสดงสถานะตอนเครื่องทำงาน
- 3.2 หลอดแอลอีดีสีแดงแสดงสถานะประจุแบตเตอรี่
4. กล้องควบคุม
5. เซนเซอร์อินฟาเรดกันชนตอนถอยหลัง
6. เบรค
7. คันเร่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. กระจกมองหลังและกริ่ง
9. ล้อหน้า
10. ล้อหลัง
11. เบาะคนนั่ง
12. คันโยกสํารองตอนเบตเตอร์หมด

3. การแก้ปัญหาเบื้องต้น

เมื่อท่านประสบปัญหาในการใช้งานรถสามล้อไฟฟ้าขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง สามารถตรวจสอบแนวทางแก้ปัญหาเบื้องต้นจากตารางนี้

ตารางที่ ง.1 การแก้ปัญหาเบื้องต้นในการใช้รถสามล้อ

อาการ	สาเหตุและ/หรือวิธีแก้ปัญหา
มอเตอร์ไม่ทำงาน	ตรวจสอบสวิตซ์ไฟ, สายต่อต่างๆ และฟิวส์
ความเร็วน้อยลง	ตรวจสอบเบตเตอร์อาจมีไฟน้อย, น้ำหนักเยอะเกินไป
หลอดไฟไม่แสดงผล	ตรวจหัวหลอด, หลอดอาจจะขาด, ไม่มีไฟเลี้ยง

4. การดูแลรักษาและข้อควรระวัง

4.1 การดูแลรักษา

- ทำความสะอาดรถต้องถอดชุดควบคุมออกก่อนล้าง
- ทำความสะอาดชุดควบคุมด้วยการบิดฝุ่น
- เติมน้ำมันเบตเตอร์ให้เต็มทุกครั้งก่อนใช้งาน

4.2 ข้อควรระวัง

- อย่าเปิดสวิตซ์ทิ้งไว้
- อย่าให้น้ำเข้าสู่ชุดควบคุม
- อย่าวางเบตเตอร์ที่อากาศร้อนเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

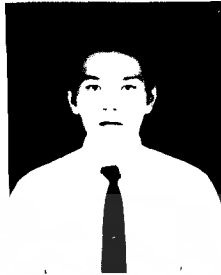
5. ข้อมูลจำเพาะ

ตารางที่ ง.2 ข้อมูลจำเพาะ

คุณสมบัติ	รายละเอียด
หลักการควบคุมมอเตอร์	ใช้ ICเบอร์ TL494 ในการสร้างสัญญาณพัลส์ แล้วใช้มอสเฟสเบอร์ IRF250 เป็นตัวขับมอเตอร์
ส่วนแสดงผล	ใช้ตัวแอลอีดีเป็นตัวแสดงผล
มอเตอร์	1 แรงม้า 24 โวลต์ 12 แอมแปร์
แหล่งจ่ายพลังงาน	ไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์ 32 แอมแปร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อ-สกุล

นายคชาวุธ จันทร์วงศ์ทอง

วัน เดือน ปีเกิด

ภูมิลำเนา

115/2 ซอยลาดกระบัง 48 ถนนลาดกระบังอ่อนนุช แขวง
ลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา

โรงเรียนฉะเชิงเทรา

มัธยมศึกษาตอนต้น

โรงเรียนฉะเชิงเทรา

ประกาศนียบัตรวิชาชีพ

วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา

ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา

ปริญญาตรี

สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุวิศวกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

คติพจน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อ-สกุล	นายคณาทร พ้อหลาน
วันเดือนปีเกิด	30 กรกฎาคม 2527
ภูมิลำเนา	464 หมู่ที่ 15 ตำบลลำปางหลวง อำเภอเกาะคา จังหวัดลำปาง 52130 โทรศัพท์ 0-9954 0131
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนประชาวิทย์ จังหวัดลำปาง
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนประชาวิทย์ จังหวัดลำปาง
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยการอาชีพเกาะคา จังหวัดลำปาง
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคลำปาง จังหวัดลำปาง
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมวิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
คติพจน์	เอาใจเขา มาใส่ใจเรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อผู้ทำปฏิญานพนธ์	นายชาติชาย ระวีวงศ์
วันเดือนปีเกิด	5 กรกฎาคม 2525
ภูมิลำเนา	129/6 หมู่ที่ 7 ตำบลโพธิ์เสด็จ อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช โทรศัพท์ 0-1090 2751
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนวัดนาถัน จังหวัดนครศรีธรรมราช
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนบ้านเกาะวิทยุ จังหวัดนครศรีธรรมราช
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคนครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคนครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมวัดคุมทางอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
คติพจน์	ทำแล้วเสียใจดีกว่าเสียใจที่ไม่ได้ทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อผู้ทำปริญญาโท	นายภาณุพงศ์ ประจงการ
วันเดือนปีเกิด	27 กรกฎาคม 2526
ภูมิลำเนา	308/2 หมู่ที่ 9 ตำบลพัฒนานิคม อำเภอพัฒนานิคม จังหวัดลพบุรี 15140 โทรศัพท์ 0-9822 6349
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนเพ็ญพัฒนา จังหวัดลพบุรี
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนเพ็ญพัฒนา จังหวัดลพบุรี
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคลพบุรี จังหวัดลพบุรี
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์วิศวกรรม
คติพจน์	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล. ดำรงตน คงไว้เหมือนต้นไผ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้