

ระบบประจุแบตเตอรี่รถยนต์ 12 โวลต์
จากพัดลมไฟฟ้าระบายความร้อน

12 VOLT VEHICLE BATTERY CHARGER
FROM COOLING ELECTRIC FAN SYSTEM



กานต์ หมวดใหม่

Karn Muadmai

กิตติศักดิ์ ยิงสุขกมล

Kittisak Yingsukkarool

วิทยุถูกฟังเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักยุทธวิธีวิทยุวิศวกรรมศาสตร์ในจังหวัด

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2556

ระบบประจุแบตเตอรี่รถยนต์ 12 โวลต์
จากพัดลมไฟฟ้าระบายความร้อน

12 VOLT VEHICLE BATTERY CHARGER
FROM COOLING ELECTRIC FAN SYSTEM



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2556

สาขาวิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบประจุแบตเตอรี่รถยนต์ 12 โวลต์

จากพัดลมไฟฟ้าระบายความร้อน

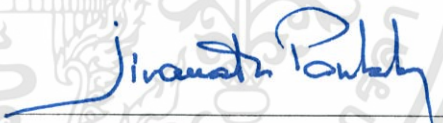
12 VOLT VEHICLE BATTERY CHARGER

FROM COOLING ELECTRIC FAN SYSTEM

ผู้จัดทำ นายกานต์ หมวดใหม่ รหัสประจำตัว 53010098

นายกิตติศักดิ์ ยิ่งสุขกมล รหัสประจำตัว 53010124

ปริญญาานิพนธ์นี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว



(รศ. จิรวัดน์ ปานกลาง)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญญานิพนธ์	ระบบประจุแบตเตอรี่รถยนต์ 12 โวลต์ จากพัดลมไฟฟ้าระบายความร้อน
นักศึกษา	นายกานต์ หมวดใหม่ รหัสประจำตัว 53010098 นายกิตติศักดิ์ ยิ่งสุขกมล รหัสประจำตัว 53010124
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
ปีการศึกษา	2556
อาจารย์ที่ปรึกษาปัญญานิพนธ์	รศ.จิรวัดน์ ปานกลาง

บทคัดย่อ

ปัญญานิพนธ์ฉบับนี้อธิบายถึงความเป็นไปได้ การออกแบบ และการสร้างระบบประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานลม โดยใช้อุปกรณ์พัดลมไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งประกอบด้วย 4 ส่วน คือ 1) อุปกรณ์พัดลมไฟฟ้ากระแสตรง 2) วงจรแปลงระดับแรงดันไฟฟ้าของอุปกรณ์พัดลมไฟฟ้ากระแสตรง 3) วงจรสวิตชิงซัพพลาย 5 โวลต์ 4) วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ มีหลักการทำงานคือ อุปกรณ์พัดลมไฟฟ้ากระแสตรงรับพลังงานลมและแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้า ผ่านวงจรแปลงระดับแรงดันไฟฟ้าเพื่อนำไปเข้าในส่วนถัดไป โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวตัดสินใจว่าจะนำไปประจุแบตเตอรี่หรือไม่ โดยมีวงจรสวิตชิงซัพพลาย 5 โวลต์เป็นไฟเลี้ยงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

Thesis Title	12 Volt Vehicle Battery Charger From Cooling Electric Fan System	
Student	Mr.Karn Muadmai	Student ID 53010098
	Mr.Kittisak Yingsukkamol	Student ID 53010124
Degree	Bachelorof Engineering	
Program	Electronics Engineering	
Year	2013	
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Jirawath Parnklang	

Abstract

This thesis describes the possibility of design and building of wind energy for battery charger system .This system consists of 4 parts 1) DC electric fan 2) DC/DC converter of DC electric fan 3) 5Volt switching power supply 4)Microcontroller The Principles is DC electric fan will pick wind energy and convert into electrical energy. Then convert by DC/DC converter of DC electric fan to enter the next section by using microcontroller for decided that will be used for charge battery or not .With a 5Volt switching power supply to supply microcontroller.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ชิ้นนี้ประสบความสำเร็จได้เนื่องจากความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.จิรวัดน์ ปานกลาง ซึ่งเป็นที่อาจารย์ปรึกษาในการทำปริญญานิพนธ์ เป็นผู้ให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาในการทำปริญญานิพนธ์ และช่วยหาวิธีแก้ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้น

ขอบคุณอาจารย์ทุกท่านที่ช่วยสอนความรู้ให้ และขอบคุณพี่ๆเพื่อนๆที่ได้ให้ความช่วยเหลือด้วยความหวังดีมาตลอด

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณครอบครัวที่คอยเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา และเป็นแรงผลักดันที่ทำให้ปริญญานิพนธ์ชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

กานต์ หมวดใหม่
กิตติศักดิ์ ยิ่งสุขกมล

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญรูปภาพ.....	VII
สารบัญตาราง.....	IX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 วัตถุประสงค์.....	1
1.2 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	1
1.3 ระบบของโครงการ.....	1
1.3.1 อุปกรณ์พัดลมไฟฟ้ากระแสตรง.....	2
1.3.2 วงจรแปลงระดับแรงดันไฟฟ้าของอุปกรณ์พัดลมไฟฟ้ากระแสตรง.....	2
1.3.3 วงจรแปลงระดับแรงดันคงที่ 5 โวลต์.....	2
1.3.4 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์.....	2
บทที่ 2 ต้นกำเนิดพลังงานจากลม.....	3
2.1 ศักยภาพพลังงานลมในประเทศไทย.....	3
2.2 ความเร็วลมที่เหมาะสมในการผลิตไฟฟ้า.....	3
2.3 อุปกรณ์กำเนิดพลังงานไฟฟ้าจากพัดลม.....	4
2.4 ความรู้เกี่ยวกับคุณสมบัติทางไฟฟ้าของพัดลมไฟฟ้าแบบ DC.....	4
2.5 มอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า.....	5
2.5.1 มอเตอร์.....	5
2.5.2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า.....	5

บทที่ 3 แบตเตอรี่และการอัดประจุ	7
3.1 ความรู้เบื้องต้นของแบตเตอรี่	7
3.2 ชนิดแบตเตอรี่ที่สามารถอัดประจุได้	7
3.2.1 นิกเกิลเมทัลไฮดรายด์ (NiMH).....	8
3.2.2 นิกเกิลแคดเมียม (NiCd).....	8
3.3 หลักการอัดประจุแบตเตอรี่แบบต่างๆ	8
3.3.1 Good Float Charge.....	8
3.3.2 Bad Float Charge.....	8
3.3.3 3-Stage Charge.....	8
3.4 วงจรอัดประจุแบตเตอรี่ในโครงการ	8
บทที่ 4 โครงสร้างระบบในโครงการ	9
4.1 โครงสร้างรวมของโครงการ	9
4.2 วงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าแบบ step up converter	10
4.2.1 วงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าแบบ step up สำหรับพัดลมไฟฟ้ากระแสตรง.....	12
4.3 วงจร switching voltage regulator	13
4.4 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ PIC 16F877A.....	14
4.5 โปรแกรมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์	16
บทที่ 5 การทดลองและผลการทดลอง	20
5.1 การทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของพัดลมไฟฟ้ากระแสตรง	20
5.2 การทดสอบวงจรรักษาระดับแรงดัน step up converter สำหรับพัดลมไฟฟ้ากระแสตรงขณะ open circuit	23
5.3 การทดสอบวงจรรักษาระดับแรงดัน step up converter สำหรับพัดลมไฟฟ้ากระแสตรงขณะดึงกระแส 100 mA.....	25
5.4 การทดสอบวงจร switching voltage regulator ขณะ open circuit.....	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.6 การทดสอบรวมทั้ง 3 วงจร (วงจร switching voltage regulator , วงจรรักษาระดับแรงดัน step up converter , วงจรmicrocontroller) ขณะที่ไม่ได้ชาร์จแบตเตอรี่.....	33
5.7 การทดลองจำลองการทำงานของ code ที่ใช้ใน microcontroller ในโปรแกรม proteus.....	36
บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง.....	39
6.1 สรุปผลการทดลองการจำลอง code ในโปรแกรม proteus.....	39
6.2 สรุปผลการทดลองพัฒนไฟฟ้ากระแสตรง.....	39
6.3 สรุปผลการทดลองวงจรรักษาระดับแรงดัน step up converter.....	39
6.4 สรุปผลการทดลองวงจร switching voltage regulator	39
6.5 สรุปผลการทดลองรวมทั้ง 3 วงจร (วงจร switching voltage regulator , วงจรรักษาระดับแรงดัน step up converter , วงจรmicrocontroller) ขณะที่ไม่ได้ชาร์จแบตเตอรี่.....	40
6.6 สรุปผลการทดลองโดยการนำค่ากระแสจากตารางที่ 5.1 ,5.2 , 5.4 และ 5.6 มาเปรียบเทียบกัน.....	40
บรรณานุกรม.....	42
ภาคผนวก.....	43

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 ลักษณะการทำงานของมอเตอร์	5
4.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมรวมของโครงการ.....	9
4.2 วงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าแบบ step up converter	10
4.3 วงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าแบบ step up converter ขณะสวิตช์นำกระแส	11
4.4 วงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าแบบ step up converter ขณะสวิตช์หยุดนำกระแส.....	11
4.5 วงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าแบบ step up สำหรับพัลลัมไฟฟ้ากระแสตรง	12
4.6 วงจร switching voltage regulator.....	13
4.7 pins diagram.....	14
4.8 Schematic ของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์	15
5.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับกระแสของพัลลัมไฟฟ้ากระแสตรงที่โหลด 60Ω	21
5.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับแรงดันของพัลลัมไฟฟ้ากระแสตรงที่โหลด 60Ω ..	21
5.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับกระแสของพัลลัมไฟฟ้ากระแสตรงที่โหลด 60Ω ..	22
5.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน input กับกระแส input ของวงจร step up converter ขณะ open circuit.....	24
5.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน input กับแรงดัน output ของวงจร step up converter ขณะ open circuit.....	24
5.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน input กับกระแส input ของวงจร step up converter ขณะที่ตั้งกระแส 100 mA	26
5.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน input กับแรงดัน output ของวงจร step up converter ขณะที่ตั้งกระแส 100 mA.....	26
5.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน input กับกระแส input ของวงจร step up converter ขณะ open circuit และขณะที่ตั้งกระแส 100 mA	27
5.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน input กับกระแส input ของวงจร switching voltage regulator ขณะ open circuit.....	29

5.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน input กับแรงดัน output ของวงจร switching voltage regulator ขณะที่ open circuit	29
5.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน input กับกระแส input ของวงจร switching voltage regulator ขณะที่ตั้งกระแส 50 mA	31
5.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน input กับแรงดัน output ของวงจร switching voltage regulator ขณะที่ตั้งกระแส 50 mA	31
5.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน input กับกระแส input ของวงจร switching voltage regulator ขณะที่ open circuit และขณะที่ตั้งกระแส 50 mA.....	32
5.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของกระแส input แบบปิด/เปิด backlight กับแรงดัน input ขณะที่ไม่ได้ชาร์จแบตเตอรี่	34
5.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของกระแส input แบบปิด/เปิด backlight และกระแสของพัลลุม ไฟฟ้ากระแสตรงขณะที่มีโหลด 60Ω(จากตารางที่ 1) กับแรงดัน input ขณะที่ไม่ได้ชาร์จ แบตเตอรี่	34
5.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของกระแส input แบบปิด/เปิด backlight และกระแสของพัลลุม ไฟฟ้ากระแสตรงขณะที่มีโหลด 60Ω(จากตารางที่ 1) กับความเร็วของรถยนต์ขณะที่ไม่ได้ชาร์จ แบตเตอรี่	35
5.17 หน้าจอการจำลองการทำงานของ code ที่เขียน	36
5.18 การแสดงผลเมื่อค่าแรงดันที่ได้จากพัลลุมมีค่าน้อยกว่าที่กำหนดไว้	36
5.19 การแสดงผลเมื่อวงจร boost มีค่ามากเกินไปหรือน้อยเกินไปจากที่กำหนดไว้	37
5.20 การแสดงผลเมื่อแบตเตอรี่มีค่าเต็มแล้ว	37
5.21 การแสดงผลเมื่อค่าแรงดันจากอุปกรณ์ทั้ง 3 เหมาะสมสำหรับการชาร์จ	38
5.22 การแสดงผลเมื่อแบตเตอรี่มีค่าต่ำกว่าที่กำหนด	38
6.1 กราฟแสดงค่าระหว่างแรงดัน input กับกระแส input ของวงจรทั้งหมด	41
6.2 กราฟแสดงค่าระหว่างความเร็วกับกระแส input ของวงจรทั้งหมด	41

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงพื้นที่ศักยภาพพลังงานลมในประเทศไทย	4
5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับแรงดันและกระแสของพัดลมไฟฟ้ากระแสตรงที่โหลด 60Ω ..	20
5.2 แสดงค่าแรงดัน input กระแส input และค่าแรงดัน output ของวงจร step up converter ขณะ open circuit	23
5.3 แสดงค่าแรงดัน input กระแส input และค่าแรงดัน output ของวงจร step up converter ขณะที่ตั้งกระแส 100 mA	25
5.4 แสดงค่าแรงดัน input กระแส input และค่าแรงดัน output ของวงจร switching voltage regulator ขณะ open circuit	28
5.5 แสดงค่าแรงดัน input กระแส input และค่าแรงดัน output ของวงจร switching voltage regulator ขณะที่ตั้งกระแส 50 mA	30
5.6 แสดงค่าแรงดัน input และค่ากระแส input แบบปิด/เปิด backlight ขณะที่ไม่ได้ชาร์จแบตเตอรี่	33
6.1 แสดงค่าเปรียบเทียบกระแสของวงจรทั้งหมด	40

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันมีการคิดค้นพลังงานทดแทนในรูปแบบต่างๆ พลังงานลมเป็นพลังงานธรรมชาติที่มีอย่างไม่จำกัดตามธรรมชาติ และในที่นี่จะใช้พลังงานลมที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของรถยนต์ เพื่อให้ นำพลังงานที่เสียไปในรูปของพลังงานน้ำมันกลับมาในรูปของพลังงานไฟฟ้า โดยพลังงานลมเหล่านี้ไม่มี ต้นทุนและมีอยู่อย่างไม่จำกัดตามธรรมชาติ สามารถนำมาใช้งานได้โดยไม่เกิดความเสียหายกับ ธรรมชาติ ซึ่งสามารถแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ และกักเก็บไว้ในแบตเตอรี่ ซึ่งแบตเตอรี่ที่ใช้จะเป็น แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเก็บพลังงานไฟฟ้าไว้ใช้ประโยชน์ โดยใช้เป็น แหล่งจ่ายไฟฟ้าหลักหรือเป็นจ่ายไฟฟ้าสำรองให้กับสิ่งที่นำมาปรับใช้ และเมื่อชาร์จแบตเตอรี่เต็มแล้ว ยังสามารถเคลื่อนย้ายนำไปใช้ประโยชน์ในอื่นๆ ได้อีกด้วย

1.1 วัตถุประสงค์

- 1.1.1 ทำการออกแบบ และ สร้างระบบอัดประจุแบตเตอรี่ด้วย พลังงานลม
- 1.1.2 นำเอาพลังงานที่เกิดจากการเคลื่อนที่จากการขับเคลื่อนรถยนต์ กลับมาใช้ โดยแปลง เป็นพลังงานไฟฟ้าเพื่อนำกลับไปอัดประจุแบตเตอรี่
- 1.1.3 สร้างทางเลือกใหม่ของพลังงานทดแทน โดยใช้พลังงานลมมาแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้า
- 1.1.4 เป็นทางเลือกในการประหยัดพลังงาน ซึ่งได้จากพลังงานบริสุทธิ์

1.2 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.2.1 สร้างองค์ความรู้ด้านพลังงานทดแทนที่เกี่ยวกับ พัดลมผลิตพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง วิจัยและพัฒนาต่อยอดให้ดียิ่งขึ้นได้
- 1.2.2 นำพลังงานที่เกิดขึ้นโดยการเคลื่อนที่ของรถยนต์มาใช้ประโยชน์ และสามารถ ใช้พลังงานได้อย่างต่อเนื่องและคุ้มค่ามากยิ่งขึ้น
- 1.2.3 มีทางเลือกในการใช้งานพลังงานรูปแบบต่าง ๆ โดยเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

1.3 ระบบของโครงการ

ในระบบการทำงานจะประกอบไปด้วยส่วนประกอบ 5 ส่วนหลัก คือ

- 1) อุปกรณ์พัดลมไฟฟ้ากระแสตรง
- 2) วงจรแปลงระดับแรงดันไฟฟ้าของอุปกรณ์พัดลมกระแสตรง
- 3) วงจรแปลงระดับแรงดัน 5 โวลต์
- 4) วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์
- 5) แบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการนี้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมระบบให้ทำงานหรือหยุดการทำงานตามกำลังงานที่เหมาะสมในการอัดประจุแบตเตอรี่และใช้แสดงค่าสถานะของการทำงานผ่านทางจอ LCD

1.3.1 อุปกรณ์พัดลมไฟฟ้ากระแสตรง

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมมีหลักการทำงาน คือ โดยทั่วไปจะจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับพัดลมแล้วจะได้ลมออกมา ดังนั้น เมื่อมีพลังงานลมพัดเข้าหาพัดลม จึงทำให้ใบพัดหมุนซึ่งใบพัดเชื่อมต่อกับแกนกลางในขดลวด ทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงย้อนกลับออกมา แล้วจึงนำไปใช้ต่อกับวงจรแปลงระดับแรงดัน

1.3.2 วงจรแปลงระดับแรงดันไฟฟ้าของอุปกรณ์พัดลมไฟฟ้ากระแสตรง

เป็นสิ่งที่แปลงระดับแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากอุปกรณ์พัดลมกระแสตรง ให้มีระดับที่เพียงพอและเหมาะสมต่อการอัดประจุแบตเตอรี่

1.3.3 วงจรแปลงระดับแรงดันคงที่ 5 โวลต์

เป็นสิ่งที่แปลงระดับแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากอุปกรณ์พัดลมกระแสตรงให้มีระดับแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 5 โวลต์ เพื่อจะสามารถจ่ายไฟให้กับวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ได้

1.3.4 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

เป็นวงจรที่ใช้ควบคุมระบบการทำงานของเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่ ตามที่โปรแกรมเขียนไว้ โดยพิจารณาจากแรงดันของพัดลมไฟฟ้ากระแสตรงและแบตเตอรี่

บทที่ 2

ต้นกำหนดพลังงานลม

2.1 ศักยภาพพลังงานลมในประเทศไทย

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตเส้นศูนย์สูตร ลมที่เกี่ยวข้องกับอากาศของไทย คือ ลมประจำปี ลมประจำฤดูและลมประจำเวลา

2.1.1 ลมประจำปี เป็นลมที่พัดอยู่เป็นประจำตลอดทั้งปีในภูมิภาคส่วนต่าง ๆ ของโลก มีความแตกต่างกันไปในแต่ละเขตละติจูดของโลก เนื่องจากประเทศไทยอยู่ในบริเวณเขตศูนย์สูตร อิทธิพลของลมประจำปีจึงไม่มีประโยชน์ในการนำมาใช้

2.1.2 ลมประจำฤดูเป็นลมที่พัดเปลี่ยนทิศทางตามฤดูกาล เรียกว่า ลมมรสุม ได้แก่

1. ลมมรสุมฤดูร้อน พัดในแนวทิศใต้ และตะวันตกเฉียงใต้ ในช่วงเดือนมิถุนายน - สิงหาคม
2. ลมมรสุมฤดูหนาว พัดในแนวทิศเหนือ และตะวันออกเฉียงเหนือ ในช่วงเดือนธันวาคม - กุมภาพันธ์

2.1.3 ลมประจำเวลา เป็นลมที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความกดอากาศ ระหว่าง 2 บริเวณในระยะเวลาดังกล่าว ได้แก่ ลมบก ลมทะเล ลมภูเขา และลมหุบเขา บริเวณที่อยู่ตามชายฝั่งจะได้รับอิทธิพลของลมบก ลมทะเลสูงมา

จากภูมิประเทศของประเทศไทย ทำให้เรามีความเร็วลมเฉลี่ยของประเทศอยู่ในระดับปานกลาง - ต่ำ มีความเร็วลมเฉลี่ยต่ำกว่า 4 เมตร/วินาที แต่เทคโนโลยีกังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้าในยุโรปส่วนใหญ่ออกแบบ ให้ทำงานเหมาะสมกับความเร็วลมเฉลี่ยเกินกว่า 8 เมตรต่อวินาทีขึ้นไป ซึ่งเป็นความเร็วลมเฉลี่ยในพื้นที่ของภูมิภาคแถบยุโรปเหนือ หรือประเทศอื่นๆในเขตนานาชาติมี ศักยภาพลมเพียงพอ

เมื่อเทียบความเร็วลมที่มีในประเทศไทยกับตาราง Power Class พบว่าลมในประเทศไทยส่วนใหญ่อยู่ในระดับที่ 1.1-1.4 มีเพียงพื้นที่ทางชายฝั่งทะเลภาคใต้ตอนล่างที่อยู่ Power Class ระดับ 2

2.2 ความเร็วลมที่เหมาะสมในการผลิตไฟฟ้า

การใช้พลังงานลมเพื่อการผลิตไฟฟ้าความเร็วลมจะต้องสม่ำเสมอ หรือกำลังลมเฉลี่ยทั้งปีควรมากกว่าระดับ 6.4 – 7.0 เมตรต่อวินาทีที่ความสูง 50 เมตร ถึงจะสามารถผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมได้ดี

ตารางที่ 2.1 แสดงพื้นที่ศักยภาพพลังงานลมในประเทศไทย

พื้นที่	ความเร็วลมเฉลี่ย (เมตร/วินาที)	Power Class
พื้นที่บริเวณชายฝั่งภาคใต้ด้านอ่าวไทย ตั้งแต่จังหวัดนครศรีธรรมราช สงขลา ปัตตานี	6.4	3
พื้นที่บริเวณชายฝั่งภาคใต้ด้านอ่าวไทย ตั้งแต่จังหวัดนครศรีธรรมราช สงขลา ปัตตานี	5.6	2
บริเวณพื้นที่สูงที่เป็นเทือกเขาในภาคใต้	5.6	2
พื้นที่สูงในเขตอุทยานแห่งชาติดอย อินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่	5.1	2
พื้นที่ชายฝั่งทะเลอ่าวไทย จังหวัดชลบุรี ระยอง เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช	4.4	1
พื้นที่ชายฝั่งทะเลอันดามัน จังหวัดสตูล ตรัง กระบี่ ภูเก็ต พังงา	4.4	1
ภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่	4.4	1
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่ จังหวัด เพชรบูรณ์ และเลย	4.4	1

2.3 อุปกรณ์กำเนิดพลังงานไฟฟ้าจากพัดลม

พลังงานลม เป็นพลังงานธรรมชาติที่สะอาดและบริสุทธิ์ ใช้แล้วไม่มีวันหมดสิ้นไปจากโลกจึงทำให้พลังงานลมได้รับความสนใจในการศึกษาและพัฒนาให้เกิดประโยชน์ อย่างกว้างขวาง ในขณะเดียวกัน กังหันลมก็เป็นอุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่สามารถนำพลังงานลมมาใช้เป็นประโยชน์ได้เฉพาะในการผลิตกระแสไฟฟ้า

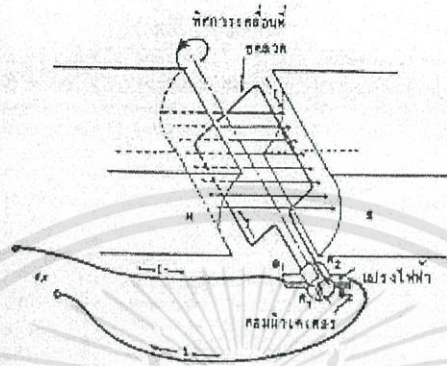
ลมเป็นการเคลื่อนไหวของอากาศจากบริเวณที่มีความกดอากาศสูงไปสู่บริเวณที่มีความกดอากาศต่ำในแนวอนโดยลมที่เกี่ยวข้องกับความดันของอากาศนั้นคือลมระดับพื้นผิวซึ่งแบ่งออกเป็นประเภทตามเหตุที่เกิดและบริเวณที่เกิด

2.4 ความรู้เกี่ยวกับคุณสมบัติทางไฟฟ้าของพัดลมไฟฟ้าแบบ DC

อุปกรณ์พัดลมเป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล โดยตามหลักของมอเตอร์ไฟฟ้า เข้าไปในมอเตอร์ ส่วนหนึ่งจะ แปรงในขดลวดสร้างสนามแม่เหล็กขึ้น และกระแสไฟฟ้าอีกส่วนหนึ่งจะไหลเข้าไปในขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field coil) สร้างขั้วเหนือ-ใต้ขึ้น จะเกิดสนามแม่เหล็ก 2 สนาม ในขณะเดียวกัน ตามคุณสมบัติของเส้นแรง แม่เหล็ก จะไม่ตัดกันทิศทางตรงข้ามจะหักล้างกัน และทิศทางเดียวจะเสริมแรงกัน ทำให้เกิดแรงบิดในตัวอาร์มาเจอร์ ซึ่งวางแกนเพลลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และแกนเพลานี้ สวมอยู่กับตลับลูกปืนของมอเตอร์ ทำให้อาร์มาเจอร์นี้หมุนได้ ขณะที่ตัวอาร์มาเจอร์ ทำหน้าที่หมุนได้นี้เรียกว่า โรเตอร์ (Rotor) ซึ่งหมายความว่าตัวหมุน การที่อำนาจเส้นแรงแม่เหล็กทั้งสองมีปฏิกิริยาต่อกัน ทำให้ขดลวดอาร์มาเจอร์ หรือโรเตอร์หมุนไปนั้นเป็นไปตามกฎซ้ายของเฟลมมิ่ง ซึ่งจะมีใบพัดติดอยู่กับอาร์มาเจอร์ แล้วเมื่อมอเตอร์หมุนก็เกิดลม



รูปที่ 2.1 ลักษณะการทำงานของมอเตอร์

โดยการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ป้อนกลับวงจรจะใช้หลักการเช่นเดียวกับไดนาโม คือเมื่อมีลมพัดผ่านใบพัดของพัดลม ทำให้มอเตอร์ด้านในหมุน ซึ่งมอเตอร์ก็เปรียบเสมือนไดนาโม โดยอาศัยหลักการเหนี่ยวนำของขดลวดนำมอเตอร์ จะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า

2.5 มอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

มอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เป็นอุปกรณ์ที่มีความคล้ายคลึงกัน โดยที่ใช้ในสภาวะที่แตกต่างกัน คือมอเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่นำเอากระแสไฟฟ้ามาใช้เปลี่ยนเป็นพลังงานกล แต่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่นำเอาพลังงานกลเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า ดังนั้นในรถยนต์มีอุปกรณ์พัดลมที่สามารถเป็นทั้งมอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้ จึงนำพัดลมนั้นมาใช้ประโยชน์ในคุณสมบัติดังกล่าว

2.5.1 มอเตอร์

เมื่อมีการจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปยังขดลวดในสนามแม่เหล็ก จะทำให้เกิดแรงแม่เหล็กซึ่งมีสัดส่วนของแรงขึ้นอยู่กับกระแสแรงของสนามแม่เหล็ก ซึ่งแรงจะเกิดขึ้นเป็นมุมฉากกับกระแสและสนามแม่เหล็ก ขณะที่ทิศทางของแรงกลับตรงข้ามกันถ้าหากกระแสของสนามแม่เหล็กไหลย้อนกลับจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกระแส และสนามแม่เหล็กเป็นผลทำให้ทิศทางของแรงเปลี่ยนไปด้วย คุณสมบัตินี้ทำให้มอเตอร์กระแสตรงกลับทิศทางหมุนได้

2.5.2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เครื่องกลที่ใช้สำหรับแปลงพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยหลักการทำงาน ว่าเมื่อสนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ตัดขดลวด หรือขดลวดเคลื่อนที่ตัดสนามแม่เหล็กก็จะได้ไฟฟ้าออกมา

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะประกอบด้วยส่วนที่สำคัญสองส่วนคือ ส่วนที่สร้างสนามแม่เหล็ก เรียกว่า ฟิวส์ และส่วนที่สร้างแรงดันไฟฟ้าเรียกว่าอาเมเจอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง ฟิลด์จะเป็นส่วนที่อยู่กับที่ อาเมเจอร์จะเป็นส่วนที่เคลื่อนที่ แต่ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ฟิลด์และอาเมเจอร์ สามารถเป็นได้ทั้งส่วนที่อยู่กับที่และส่วนที่หมุน

โดยในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก จะสามารถสร้างได้ทั้งแบบฟิลด์และอาเมเจอร์หมุน แต่ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดใหญ่ จะสร้างได้แต่แบบอาเมเจอร์อยู่กับที่เท่านั้น เพราะจะมีปัญหาน้อยกว่า แรงดันที่เกิดขึ้นในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญสองตัวคือ ความเร็วรอบและเส้นแรงแม่เหล็ก

ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงเราสามารถเพิ่มแรงดันไฟฟ้าขึ้นได้โดย การปรับความเข้มของสนามแม่เหล็ก และเพิ่มความเร็วรอบของเครื่องกำเนิด แต่ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับการเพิ่มแรงดันโดยการเพิ่มความเร็วไม่สามารถที่จะทำได้ เพราะจะทำให้ความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่ได้เปลี่ยนแปลงไป สามารถทำได้เพียงการปรับความเข้มของสนามแม่เหล็กเท่านั้น



บทที่ 3

แบตเตอรี่และการอัดประจุ

3.1 ความรู้เบื้องต้นของแบตเตอรี่

แบตเตอรี่ คือ อุปกรณ์ที่เราใช้เก็บไฟฟ้า โดยจะรับกระแสไฟฟ้า เก็บไฟฟ้าไว้และจ่ายออกมาให้ใช้ในเวลาที่เราต้องการ แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าเคมี เก็บไฟฟ้าไว้ในสภาพของสารเคมีและแปลงออกมาเป็นไฟฟ้า ซึ่งสารเคมีในแบตเตอรี่ยังทำงานกลับไปกลับมาได้เรื่อยๆ เป็นเวลานานๆ แบตเตอรี่ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. ชนิดแห้ง (Dry Cell) คือ พวกถ่านไฟฉาย
2. ชนิดน้ำ (Wet Cell) มี 2 ชนิด คือ

2.1 แบตเตอรี่ด่าง เช่น แบตเตอรี่ในมือถือ, วิทยุสื่อสาร

2.2 แบตเตอรี่ตะกั่ว - กรด (Lead -Acid Battery) คือ แบตเตอรี่ที่ใช้ในรถยนต์ทั่วไป, Traction

Battery ใช้ในรถยนต์ไฟฟ้า เป็นต้น

ส่วนประกอบ (Construction)

1. แผ่นธาตุบวก (Positive Plate) เป็นโลหะผสมของตะกั่ว ละเลงด้วยเพสต์ของผงตะกั่วผสม กับ สารละลายกรดซัลฟูริก (Sulfuric Acid) มี 2 ชนิด “แบบหลอด” (Tubular Type) และ “แบบเรียบ” (Pasted Type)
2. แผ่นธาตุลบ (Negative Plate) เป็นโลหะผสมของตะกั่วเช่นเดียวกัน แต่เติมสารเร่งปฏิกิริยามีเฉพาะ “แบบเรียบ” (Pasted Type)
3. แผ่นกั้น (Separator) มีหลายชนิด เช่น แผ่นกั้นยางไมโครพอร์ัส (Microporous Rubber), พลาสติก (Plastic), กระดาษใยแก้ว
4. เปลือกและฝา (Container & Cover) ทำจากพลาสติก Transparent Plastic ซึ่งมีความยืดหยุ่น ทนต่อแรงกระแทก ทนต่อการกัดกร่อนของกรด

3.2 ชนิดแบตเตอรี่ที่สามารถอัดประจุได้

แบตเตอรี่ชนิดประจุไฟฟ้าใหม่ได้หรือ เซลล์หุติยภูมิ สามารถประจุไฟฟ้าใหม่ได้หลังจากไฟหมดเนื่องจากสารเคมีที่ใช้ทำแบตเตอรี่ชนิดนี้สามารถทำให้กลับไปอยู่ในสภาพเดิมได้โดยการประจุไฟฟ้าเข้าไปใหม่ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้อัดไฟนี้เรียกว่า ชาร์จเจอร์ หรือ รีชาร์จเจอร์

แบตเตอรี่ชนิดประจุไฟฟ้าใหม่ได้ที่เก่าแก่ที่สุดซึ่งใช้อยู่จนกระทั่งปัจจุบันคือ "เซลล์เปียก" หรือ แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด (lead-acid battery) แบตเตอรี่ชนิดนี้จะบรรจุในภาชนะที่ไม่ได้ปิดผนึก (unsealed container) ซึ่งแบตเตอรี่จะต้องอยู่ในตำแหน่งตั้งตลอดเวลาและต้องเป็นพื้นที่ที่ระบายอากาศได้เป็นอย่างดี เพื่อระบายก๊าซ ไฮโดรเจน ที่เกิดจากปฏิกิริยาและแบตเตอรี่ชนิดจะมีน้ำหนักมาก

รูปแบบสามัญของแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด คือแบตเตอรี่ รถยนต์ ซึ่งสามารถจะให้พลังงานไฟฟ้าได้ถึงประมาณ 10,000 วัตต์ในช่วงเวลาสั้นๆ และมีกระแสตั้งแต่ 450 ถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1100 แอมแปร์ สารละลายอิเล็กโทรไลต์ของแบตเตอรี่คือ กรดซัลฟิวริก ซึ่งสามารถเป็นอันตรายต่อผิวหนังและตาได้ แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดที่มีราคาแพงมากเรียกว่า แบตเตอรี่เจล (หรือ "เจลเซลล์") ภายในจะบรรจุอิเล็กโทรไลต์ประเภทเซมิ-โซลิด (semi-solid electrolyte) ที่ป้องกันการหกได้ดี และ แบตเตอรี่ชนิดอัดไฟใหม่ได้ที่เคลื่อนย้ายได้สะดวกกว่าคือประเภท "เซลล์แห้ง" ที่นิยมใช้กันใน โทรศัพท์มือถือและคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก เซลล์ของแบตเตอรี่ชนิดนี้คือ

3.2.1 นิกเกิลเมทัลไฮดรอกไซด์ (NiMH) เป็นแบตเตอรี่ที่พบเห็นบ่อยในรถยนต์ไฮบริดอเมริกาเหนือ เนื่องจาก มีราคาถูก มีประสิทธิภาพที่ดี มีความหนาแน่นของสารเคมีสูง แต่มีการคายประจุเองมาก และมีน้ำหนักมาก ภายหลังจึงมีการพัฒนาให้มีการคายประจุลดลงแต่มีความหนาแน่นสารเคมีที่ลดลง

3.2.2 นิกเกิลแคดเมียม (NiCd) พบมากในรถยนต์ไฮบริดเอเชีย เนื่องจากมีราคาถูก ประสิทธิภาพปานกลาง ทนต่ออัตราการคายประจุสูงโดยไม่สูญเสียความเก็บประจุเหมือน มีการคายประจุเองพอสมควร แต่มีผลของ memory effect ที่ทำให้ระดับแรงดันตกลงหลังการอัดประจุ และเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งปัจจุบันมีการห้ามใช้ในโซนยุโรป

3.3 หลักการอัดประจุแบตเตอรี่แบบต่างๆ

การอัดประจุแบตเตอรี่แบ่งแบบพื้นฐานได้เป็น Float Charge และ 3-Stage Charge แบบ Float Charge แบ่งได้เป็น 2 แบบย่อยๆ คือ Good Float Charge และ Bad Float Charge

3.3.1 Good Float Charge

จะทำให้แรงดันไฟฟ้าเปลี่ยนเป็น Float Voltage เมื่อมีแรงดัน 13.8V (กรณีแบตเตอรี่ 12V) และจะอัดประจุที่กระแสที่จันอัดประจุได้ 75% จากความจุแบตเตอรี่ทั้งหมดและกระแสจะค่อยๆ ลดลงหลังจากนั้น และใช้เวลาอัดประจุ 75% แรก สั้นกว่า 25% หลัง

3.3.2 Bad Float Charge

จะมีการตกของกระแสไฟฟ้าก่อนที่แรงดันจะมีค่าถึง Float Voltage (13.8V โดยทั่วไป) และจากการที่กระแสตกลงเร็วจะทำให้ใช้เวลาอัดประจุมาก

3.3.3 3-Stage Charge

ขั้นที่ 1 จะเริ่มต้นเหมือน Good Float Charge ขั้นต่อมาจะอัดประจุด้วยกระแสคงที่จนกระทั่งถึง Boots Voltage (14.4V) ขั้นที่สามแรงดันจะลดลงจนกระทั่งเหลือ $\frac{1}{4}$ ของกระแสสูงสุด และจะอัดประจุต่อไปจนมีความจุประมาณ 90% จากนั้น แรงดันจะเปลี่ยนเป็น Float Voltage โดยอัตโนมัติ และจะใช้เวลาอัดประจุมากขึ้นไปอีก 10% ที่เหลือ

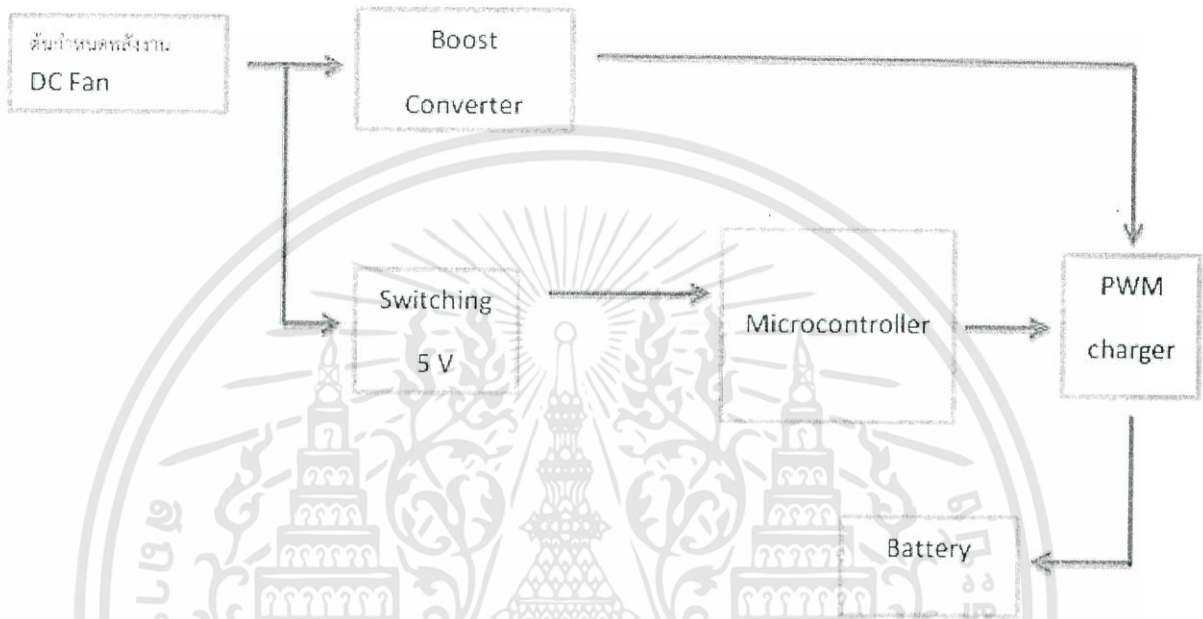
3.4 วงจรอัดประจุแบตเตอรี่ในโครงการ

เป็นส่วนที่ทำการอัดประจุแบตเตอรี่โดยส่งผ่านกำลังงานที่มีระดับแรงดันที่เหมาะสมโดยง่าย เข้าไปที่แบตเตอรี่เป็น pulse charge ซึ่งก็คือการจ่าย pulse จากวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์เข้าควบคุม วงจรอัดประจุ ไปยังแบตเตอรี่ที่ต้องการอัดประจุ เพื่อให้มีอัตราการอัดประจุสม่ำเสมอ และหยุดเมื่อประจุแบตเตอรี่จันเต็ม โดยใช้ microcontroller ในการควบคุมการอัดประจุ

บทที่ 4

โครงสร้างระบบในโครงการ

4.1 โครงสร้างรวมของโครงการ



รูปที่ 4.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมรวมของโครงการ

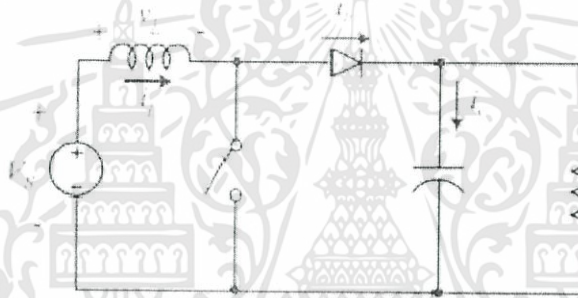
เมื่อพัดลมไฟฟ้ากระแสตรงได้รับพลังงานลม พัดลมไฟฟ้าก็จะเปลี่ยนพลังงานลมเป็นพลังงานไฟฟ้า แล้วเข้าวงจร step up converter และวงจรไฟเลี้ยง 5 โวลต์เพื่อไปเลี้ยงไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงาน จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการตรวจสอบค่าแรงดันจากแหล่งจ่ายว่าเพียงพอสำหรับการอัดประจุหรือไม่ แล้วจะแสดงผลออกมาทางจอ LCD ว่าขณะนั้นกำลังทำอะไรอยู่ เช่น ถ้าหากตรวจสอบแหล่งจ่ายแล้วพบว่าเหมาะสมกับการอัดประจุแบตเตอรี่ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการส่ง pulse ไปที่วงจรควบคุมการอัดประจุเพื่ออัดประจุแบตเตอรี่และแสดงผลที่จอ LCD ว่ากำลังชาร์จอยู่ แต่ถ้าหากว่าตรวจสอบแหล่งจ่ายแล้วพบว่าไม่เหมาะสมกับการอัดประจุแบตเตอรี่ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะแสดงค่าออกมาทางจอ LCD ว่าเกิดอะไรขึ้นทำไมแหล่งจ่ายถึงไม่เหมาะสมกับการอัดประจุแบตเตอรี่

4.2 วงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าแบบ step up converter

วงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าแบบ step up converter หรือวงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์ (Boost Converter) คือวงจรที่ทำหน้าที่เพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้า ซึ่งแรงดันไฟฟ้าด้านเอาต์พุตจะสูงกว่าแรงดันทางด้านอินพุต

การวิเคราะห์การทำงานของวงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์ในช่วงสภาวะอยู่ตัว จะมีการกำหนดเงื่อนไขในการทำงานของวงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์ เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ดังนี้

1. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ ณ ตำแหน่งเดียวกันในแต่ละสาย จะมีค่าเท่ากัน และมีค่าเป็นบวกเสมอ
2. แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยตกรวมตัวเหนี่ยวนำในแต่ละคาบจะเท่ากับศูนย์
3. ตัวเก็บประจุต้องมีขนาดใหญ่พอเพื่อให้แรงดันเอาต์พุตมีค่าคงที่
4. กำลังไฟฟ้าอินพุต เท่ากับกำลังไฟฟ้าด้านเอาต์พุต



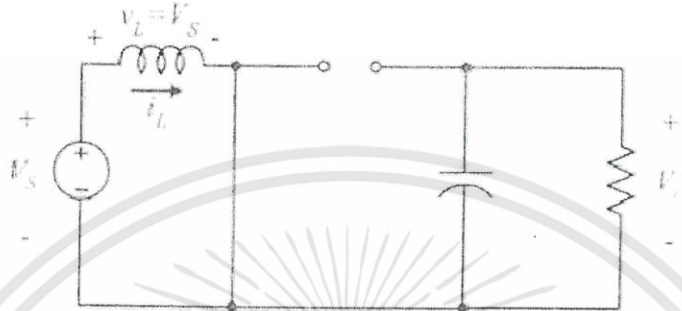
รูปที่ 4.2 วงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าแบบ step up converter

หลักการการทำงานของวงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์

หลักการการทำงานของวงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์เพื่อให้แรงดันด้านเอาต์พุตมีค่าตามต้องการ จะเริ่มต้นที่ข้อกำหนดคือ แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยตกรวมตัวเหนี่ยวนำในแต่ละคาบจะเท่ากับศูนย์ และสามารถหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำได้โดยวิเคราะห์การทำงานของสวิตช์ในแต่ละโหมด

ขณะสวิตช์นำกระแส

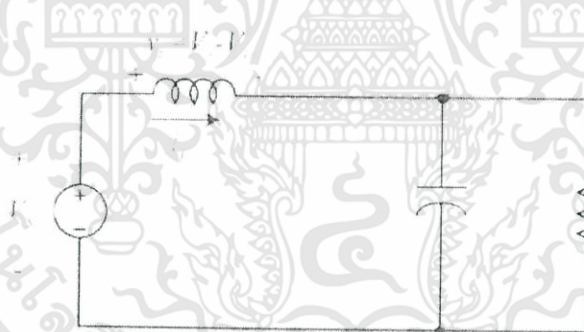
จากรูปด้านล่าง เมื่อสวิตช์นำกระแส กระแสจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจะไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำผ่านสวิตช์ ซึ่งทำให้ตัวเหนี่ยวนำประจุพลังงานไฟฟ้า ขณะเดียวกันไดโอดจะถูกไบอัสย้อนกลับทำให้ไม่สามารถนำกระแสได้



รูปที่ 4.3 วงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าแบบ step up converter ขณะสวิตช์นำกระแส

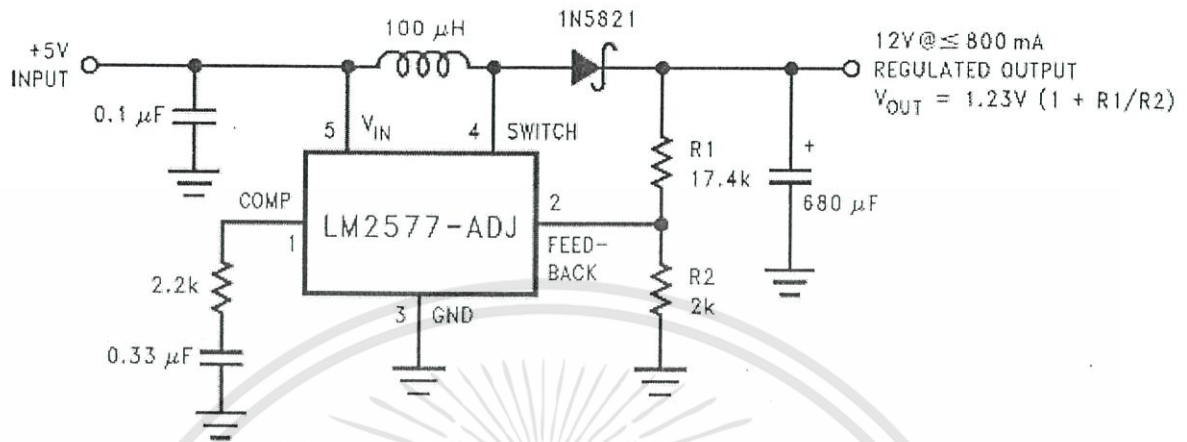
ขณะสวิตช์หยุดนำกระแส

เมื่อสวิตช์ไม่นำกระแส ตัวเหนี่ยวนำจะคืนพลังงาน ผ่านทางไดโอดและโหลด ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำอย่างต่อเนื่อง สมมติแรงดันไฟฟ้าด้านเอาต์พุตมีค่าคงที่



รูปที่ 4.4 วงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าแบบ step up converter ขณะสวิตช์หยุดนำกระแส

4.2.1 วงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าแบบ step up สำหรับพัดลมไฟฟ้ากระแสตรง



D5011466-1

รูปที่ 4.5 วงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าแบบ step up สำหรับพัดลมไฟฟ้ากระแสตรง

ในโครงการนี้ได้ใช้ IC LM2577-ADJ ในการสร้างวงจร step up converter เนื่องจากว่ามีช่วงของ input ที่กว้าง 3.5 – 40 โวลต์เพื่อรองรับค่าแรงดันที่ไม่เสถียรจากพัดลมไฟฟ้ากระแสตรง และนำมาปรับค่า output ของวงจร step up converter ให้มีค่าเท่ากับ 18 โวลต์เพื่อนำไปเข้าใน ส่วนของวงจรอัดประจุแบตเตอรี่ต่อไป ซึ่งในวงจรนี้ได้มีการเปลี่ยนค่าที่ R1 และ R2 เท่านั้น

$$V_{out} = 1.23V (1 + R1/R2)$$

$$18V = 1.23V (1 + R1/R2)$$

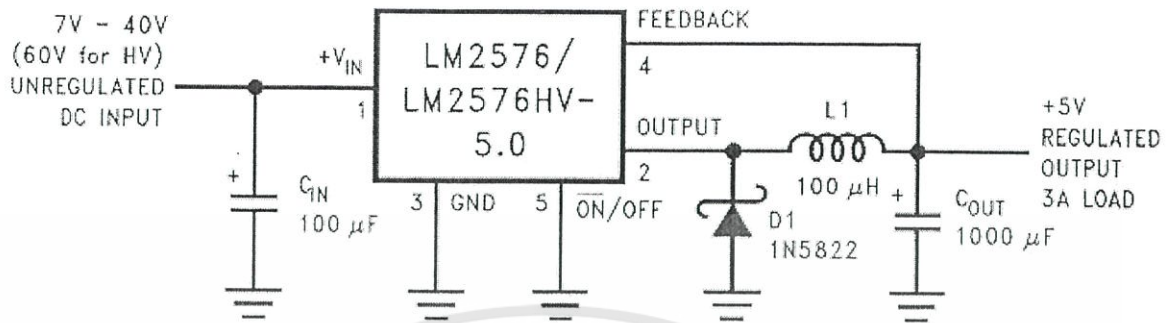
$$14.63 = 1 + R1/R2$$

$$13.63 = R1/R2$$

$$13.63 R2 = R1$$

$$R1 = 2K2, R2 = 30K$$

4.3 วงจร switching voltage regulator



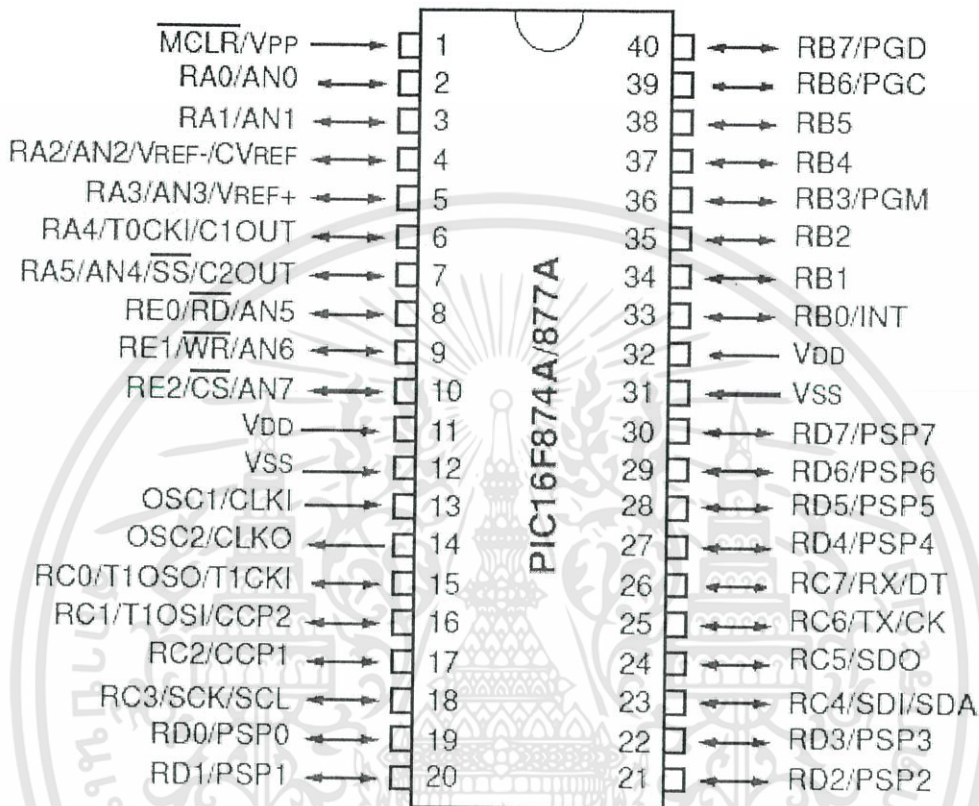
รูปที่ 4.6 วงจร switching voltage regulator

ทำหน้าที่เป็นไฟเลี้ยงให้กับวงจร microcontroller โดยรับ input มาจากพัดลมไฟฟ้า กระแสตรง ซึ่งเหตุผลที่เลือกใช้ IC LM2576-5 นี้ เนื่องจากว่าราคาไม่แพง ใช้งานง่าย และมีพลังงาน สูญเสียน้อย

4.4 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ PIC 16F877A

เหตุผลที่เลือกใช้ PIC เบอร์นี้เนื่องจาก มีขา analog input ที่มากถึง 8 ขา

40-Pin PDIP



รูปที่ 4.7 pins diagram

4.5 โปรแกรมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

```

void main()                                //เริ่มต้นโปรแกรมหลัก
{
    unsigned long intVfan , Vboost , Vbat , VTfan , VTboost , VTbat ;
    //สร้างตัวแปรเก็บผลลัพธ์ที่ได้จากการแปลง A/D
    unsigned char v1,v2,v3,v4,v5,v6,v7,v8,v9,v10,v11,v12 ;
    //สร้างตัวแปรเก็บค่าแสดงผลแต่ละหลัก
    TRISD=0x00;                             //กำหนด port D เป็น output
    TRISC=0x00;                             //กำหนด port C เป็น output
    TRISB=0x00;                             //กำหนด port B เป็น output
    TRISA=0x07;                             //กำหนด port A เป็น input
    Lcd_Init(&PORTD);                       //กำหนดให้ LCD เชื่อมต่อกับพอร์ต D
    Lcd_Cmd(LCD_CURSOR_OFF);              //ปิดการแสดง cursor
    PORTD=0x00;                             // port D มีค่าแรงดันเท่ากับ 0
    PORTC=0x00;                             // port C มีค่าแรงดันเท่ากับ 0
    PORTB=0x00;                             // port B มีค่าแรงดันเท่ากับ 0
    RETURN:Lcd_Cmd(LCD_CLEAR);             //เคลียร์หน้าจอ LCD
    while(1)                                //ให้มีการวนอยู่ในลูปนี้ไม่รู้จบ
    {
        Vfan = Adc_Read(0);                 //อ่านค่าจาก A/D มาเก็บไว้ใน Vfan
        VTfan = Vfan*489/1000*24/10;       //นำผลลัพธ์ที่ได้จากการแปลง A/D มาแปลงกลับเตรียม
        แสดงผล
        Vboost = Adc_Read(1);              //อ่านค่าจาก A/D มาเก็บไว้ใน Vboost
        VTboost = Vboost*489/1000*4;       //นำผลลัพธ์ที่ได้จากการแปลง A/D มาแปลงกลับเตรียม
        แสดงผล
        Vbat = Adc_Read(2);                //อ่านค่าจาก A/D มาเก็บไว้ใน Vbat
        VTbat = Vbat*489/1000*4;//(4times)//นำผลลัพธ์ที่ได้จากการแปลง A/D มาแปลงกลับเตรียม
        แสดงผล
        //////////////////////////////////////
        v1=VTfan/1000;                     //ดึงค่าหลักสิบออกมาจากผลคูณเก็บไว้ใน v1
        v2=(VTfan%1000)/100;              //ดึงค่าหลักหน่วยออกมาจากผลคูณเก็บไว้ใน v2
        v3=(VTfan%100)/10;                 //ดึงค่าทศนิยมตำแหน่งที่ 1 ออกมาจากผลคูณที่ได้มา
        เก็บไว้ในv3
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

v4=VTfan%10; //ดึงค่าทศนิยมตำแหน่งที่ 2 ออกมาจากผลคูณที่ได้มา
เก็บไว้ในv4
Lcd_Chr(1,10,'F'); //แสดง F ที่หมายถึง Fan
Lcd_Chr(1,11,v1+48); //แสดงค่าแรงดันหลักสลิปบนจอ LCD
Lcd_Chr(1,12,v2+48); //แสดงค่าแรงดันหลักหน่วยบนจอ LCD
Lcd_Chr(1,13,'. '); //แสดง จุด บนจอ LCD
Lcd_Chr(1,14,v3+48); //แสดงค่าแรงดันทศนิยมตำแหน่งที่ 1 บนจอ LCD
Lcd_Chr(1,15,v4+48); //แสดงค่าแรงดันทศนิยมตำแหน่งที่ 2 บนจอ LCD
Lcd_Chr(1,16,'V'); //แสดง v บนจอ LCD
////////////////////////////////////
v5=VTboost/1000;
v6=(VTboost%1000)/100;
v7=(VTboost%100)/10;
v8=VTboost%10;
Lcd_Chr(2,1,'S'); //แสดง S ที่หมายถึง Step up converter
Lcd_Chr(2,2,v5+48);
Lcd_Chr(2,3,v6+48);
Lcd_Chr(2,4,'. ');
Lcd_Chr(2,5,v7+48);
Lcd_Chr(2,6,v8+48);
Lcd_Chr(2,7,'V');
////////////////////////////////////
v9=VTbat/1000;
v10=(VTbat%1000)/100;
v11=(VTbat%100)/10;
v12=VTbat%10;
Lcd_Chr(2,10,'B'); //แสดง B ที่หมายถึง Battery
Lcd_Chr(2,11,v9+48);
Lcd_Chr(2,12,v10+48);
Lcd_Chr(2,13,'. ');
Lcd_Chr(2,14,v11+48);
Lcd_Chr(2,15,v12+48);
Lcd_Chr(2,16,'V');

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
////////////////////////////////////
```

```

if(Vfan>=255 &&Vboost>=869 &&Vboost<=971 &&Vbat>=409 &&Vbat<716)
//Vfan>=1.25,4.25<=Vboost<=4.75,2<=Vbat<=3.5
//เช็คค่า Vfan,Vboost,Vbat
{
Lcd_out(1,1, "CHARGING"); //แสดง CHARGING บนจอ LCD
PORTB=0X01; // port B แสดง output เป็น High
delay_ms(1000); //ดีเลย์1000ms
PORTB=0X00; // port B แสดง output เป็น Low
delay_ms(300); //ดีเลย์300ms
goto RETURN; //กลับไปอยู่ที่ RETURN
}
if(Vfan<255) // 1.25V
//เช็คค่า Vfan
{
Lcd_out(1,1, "FAN ER"); //แสดง FAN ER บนจอ LCD
delay_ms(300); //ดีเลย์300ms
goto RETURN; //กลับไปอยู่ที่ RETURN
}
if(Vboost<869 || Vboost>971) // 4.25V , 4.75V
//เช็คค่า Vboost
{
Lcd_out(1,1, "BOOST ER"); //แสดง BOOST ER บนจอ LCD
delay_ms(300); //ดีเลย์300ms
goto RETURN; //กลับไปอยู่ที่ RETURN
}
if(Vbat<409) // 2V
//เช็คค่า Vbat
{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Lcd_out(1,1, "LOW BAT");           //แสดง LOW BAT บนจอ LCD
delay_ms(300);                    //ดีเลย์300ms
goto RETURN;                       //กลับไปี่ RETURN
    }

if(Vbat>716) // 3.5V
//เช็คค่า Vbat
    {
Lcd_out(1,1, "FULL BAT");         //แสดง FULL BAT บนจอ LCD
delay_ms(300);                    //ดีเลย์300ms
goto RETURN;                       //กลับไปี่ RETURN
    }
}
}

```



บทที่ 5

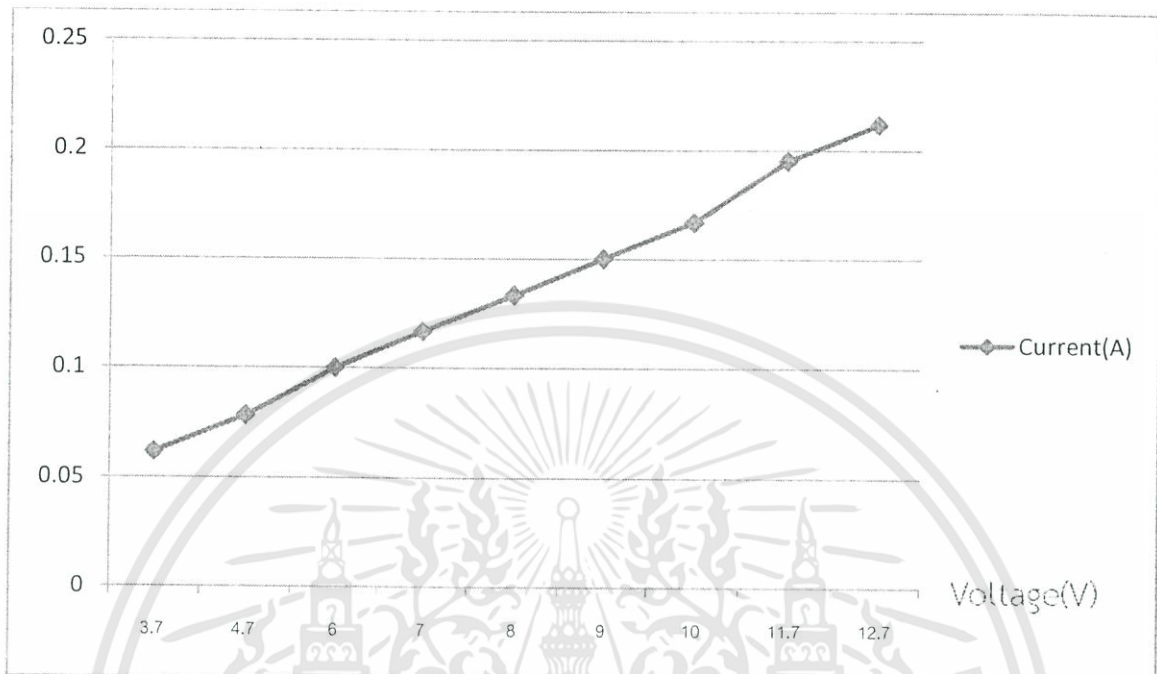
การทดลองและผลการทดลอง

5.1 การทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของพัดลมไฟฟ้ากระแสตรง

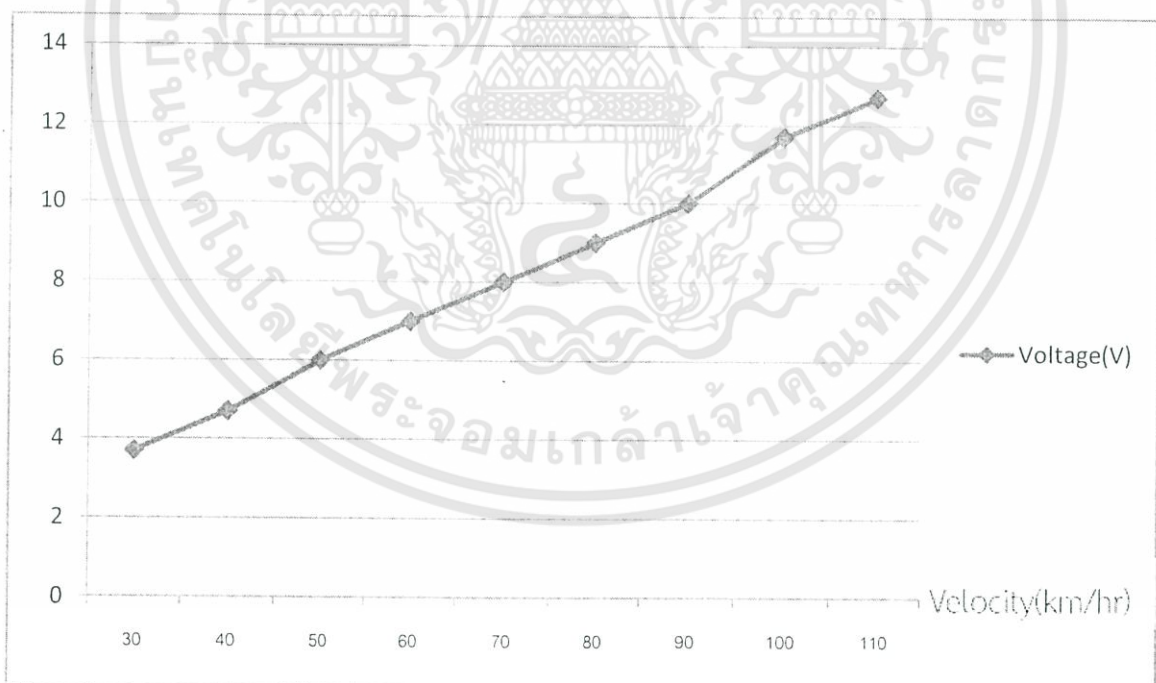
ทำการทดสอบโดยการนำพัดลมไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 12 โวลต์มาทำการทดสอบโดยการใช้ลมจากการวิ่งของรถยนต์ โดยใช้ความเร็วค่าต่างๆ และวัดแรงดันที่ได้จากพัดลมไฟฟ้ากระแสตรงที่โหลด 60Ω จากนั้นนำมาคำนวณหาค่ากระแสและนำมาพล็อตกราฟ

ตารางที่ 5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับแรงดันและกระแสของพัดลมไฟฟ้ากระแสตรงที่โหลด 60Ω

Velocity(km/hr)	Voltage(V)	Current(A)	Power(mW)
30	3.7	0.0617	228.29
40	4.7	0.0783	368.01
50	6.0	0.1000	600
60	7.0	0.1167	816.9
70	8.0	0.1333	1066.4
80	9.0	0.1500	1350
90	10.0	0.1667	1667
100	11.7	0.1950	2281.5
110	12.7	0.2117	2688.59

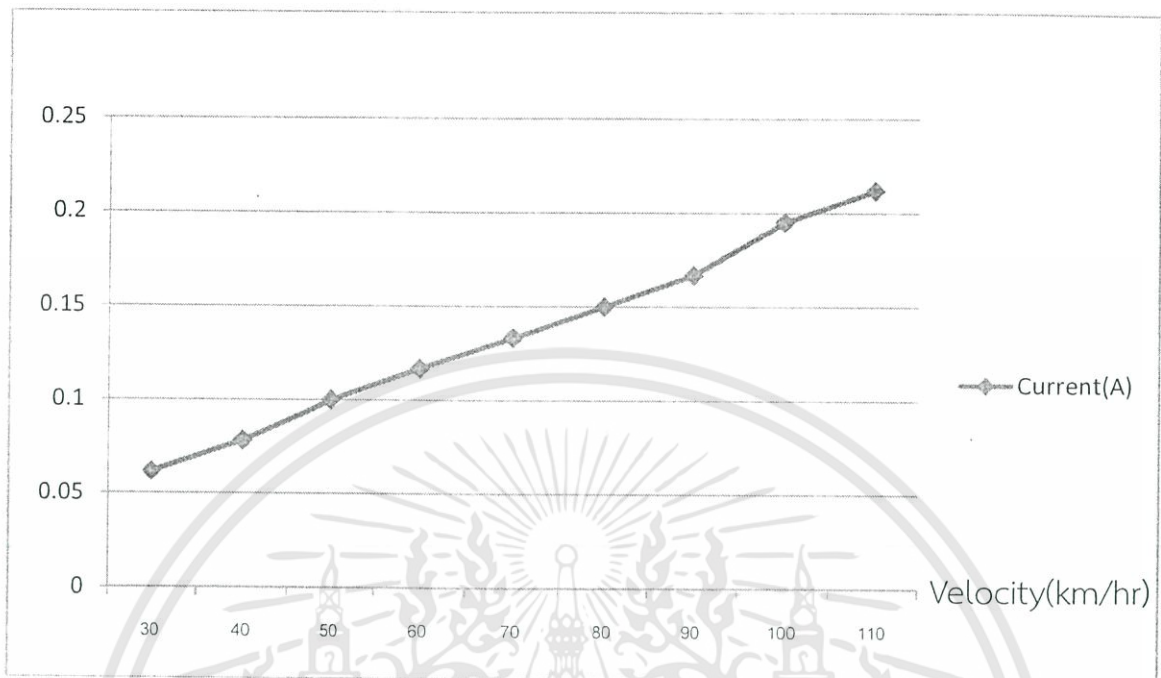


รูปที่ 5.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับกระแสของพัดลมไฟฟ้ากระแสตรงที่โหลด 60Ω



รูปที่ 5.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับแรงดันของพัดลมไฟฟ้ากระแสตรงที่โหลด 60Ω

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับกระแสของพัดลมไฟฟ้ากระแสตรงที่โหลด 60Ω

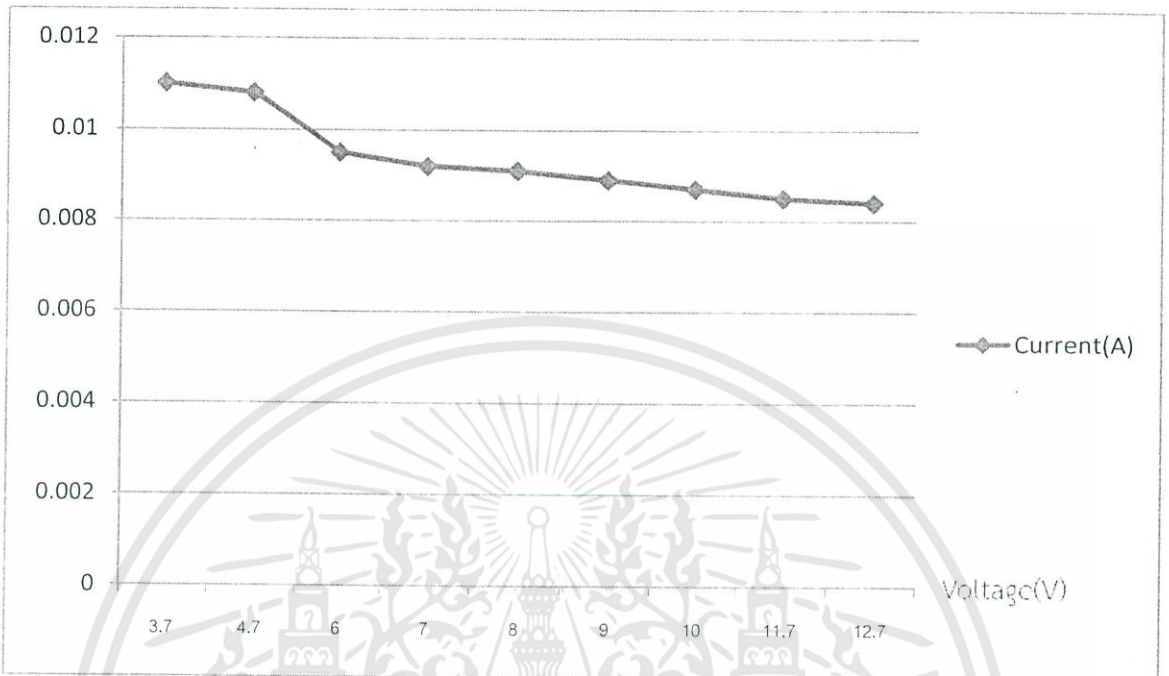
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การทดสอบวงจรรักษาระดับแรงดัน step up converter สำหรับพัลลัมไฟฟ้า กระแสตรงขณะ open circuit

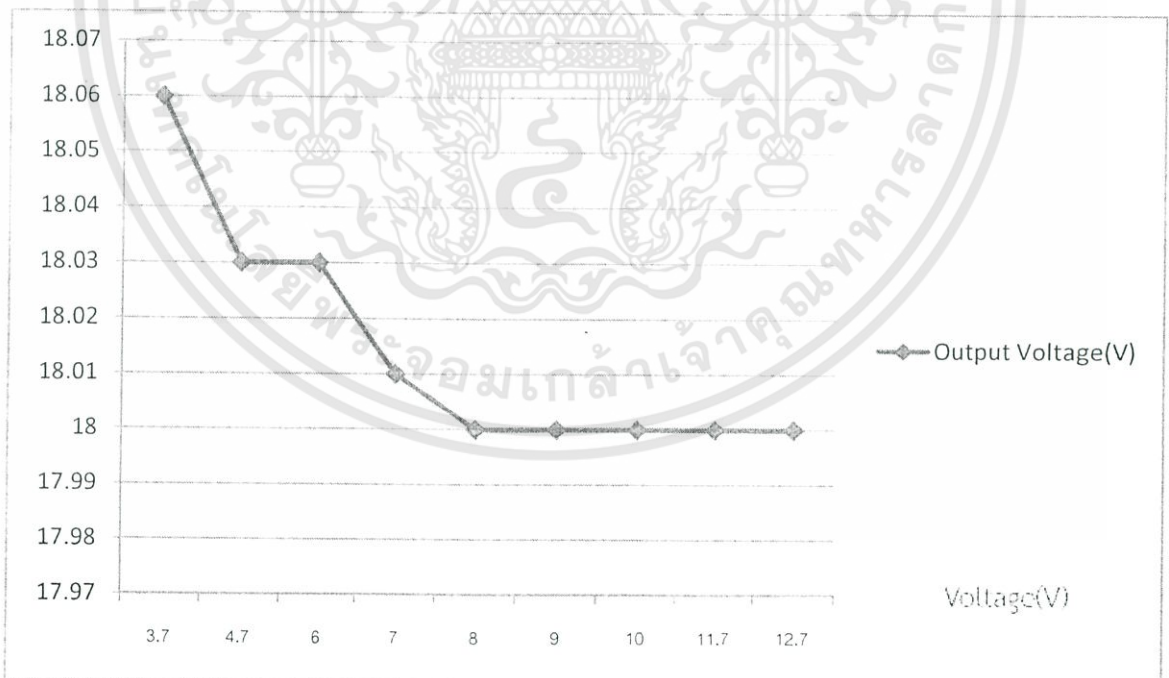
ทำการทดสอบโดยการนำวงจร step up converter มาต่อกับ power supply จากนั้นปรับแรงดัน input ให้มีค่าเท่ากับค่าที่ได้จากการทดสอบพัลลัมไฟฟ้ากระแสตรงในตารางที่ 1 แล้วทำการวัดค่ากระแส input และแรงดัน output ขณะ open circuit

ตารางที่ 5.2 แสดงค่าแรงดัน input กระแส input และค่าแรงดัน output ของวงจร step up converter ขณะ open circuit

Input Voltage(V)	Input Current(A)	Input Power(mW)	Output Voltage(V)
3.7	0.0110	40.7	18.06
4.7	0.0108	50.76	18.03
6.0	0.0095	57	18.03
7.0	0.0092	64.4	18.01
8.0	0.0091	72.8	18.00
9.0	0.0089	80.1	18.00
10.0	0.0087	87	18.00
11.7	0.0085	99.45	18.00
12.7	0.0084	106.68	18.00



รูปที่ 5.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน input กับกระแส input ของวงจร step up converter ขณะที่เป็น open circuit



รูปที่ 5.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน input กับแรงดัน output ของวงจร step up converter ขณะที่เป็น open circuit

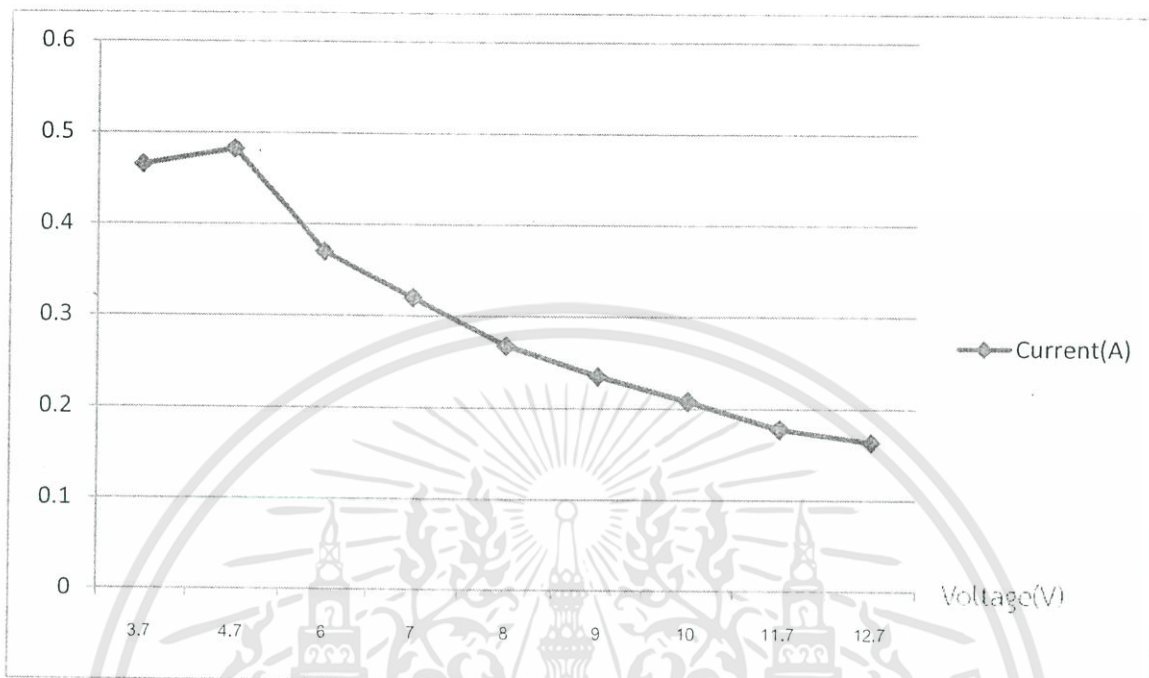
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 การทดสอบวงจรรักษาระดับแรงดัน step up converter สำหรับพัลลัมไฟฟ้ากระแสตรงขณะดึงกระแส 100 mA

ทำการทดสอบโดยการนำวงจร step up converter มาต่อกับ power supply จากนั้นปรับแรงดัน input ให้มีค่าเท่ากับค่าที่ได้จากการทดสอบพัลลัมไฟฟ้ากระแสตรงในตารางที่ 1 แล้วทำการวัดค่ากระแส input และแรงดัน output ขณะดึงกระแส 100 mA

ตารางที่ 5.3 แสดงค่าแรงดัน input กระแส input และค่าแรงดัน output ของวงจร step up converter ขณะดึงกระแส 100 mA

Input Voltage(V)	Input Current(A)	Input Power(mW)	Output Voltage(V)
3.7	0.465	1720.5	13.10
4.7	0.482	2265.4	18.36
6.0	0.370	2220	18.23
7.0	0.320	2240	18.19
8.0	0.268	2144	18.03
9.0	0.235	2115	18.00
10.0	0.208	2080	18.05
11.7	0.178	2082.6	18.03
12.7	0.164	2082.8	18.01

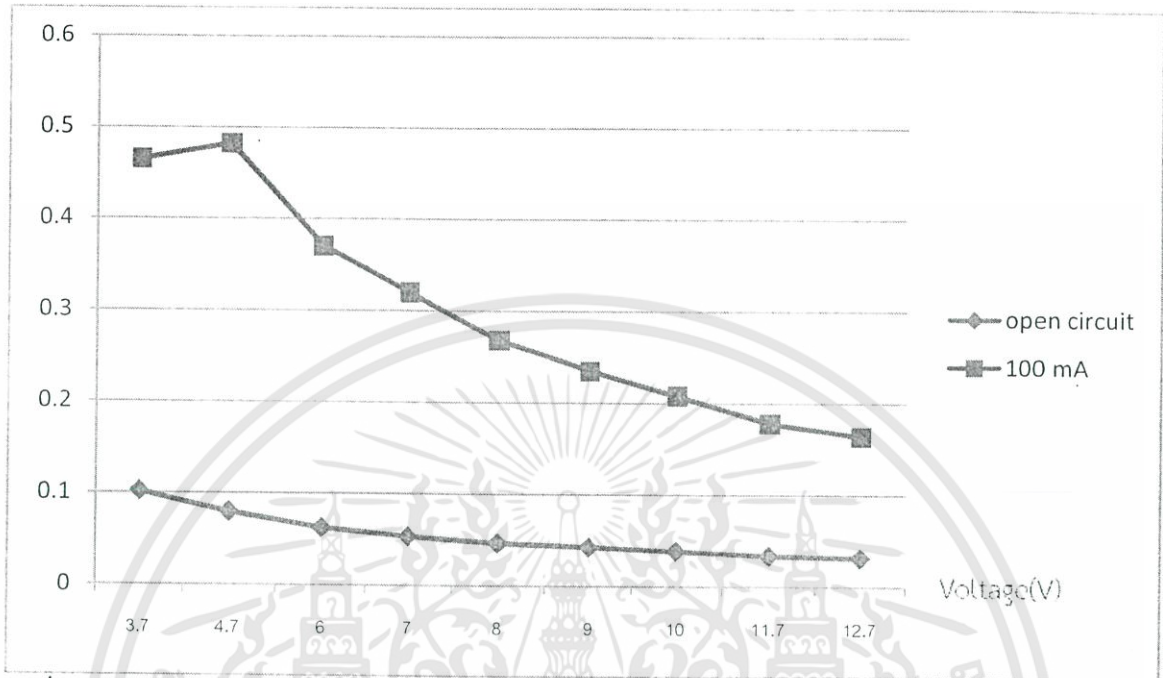


รูปที่ 5.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน input กับกระแส input ของวงจร step up converter ขณะที่ตั้งกระแส 100 mA



รูปที่ 5.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน input กับแรงดัน output ของวงจร step up converter ขณะที่ตั้งกระแส 100 mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



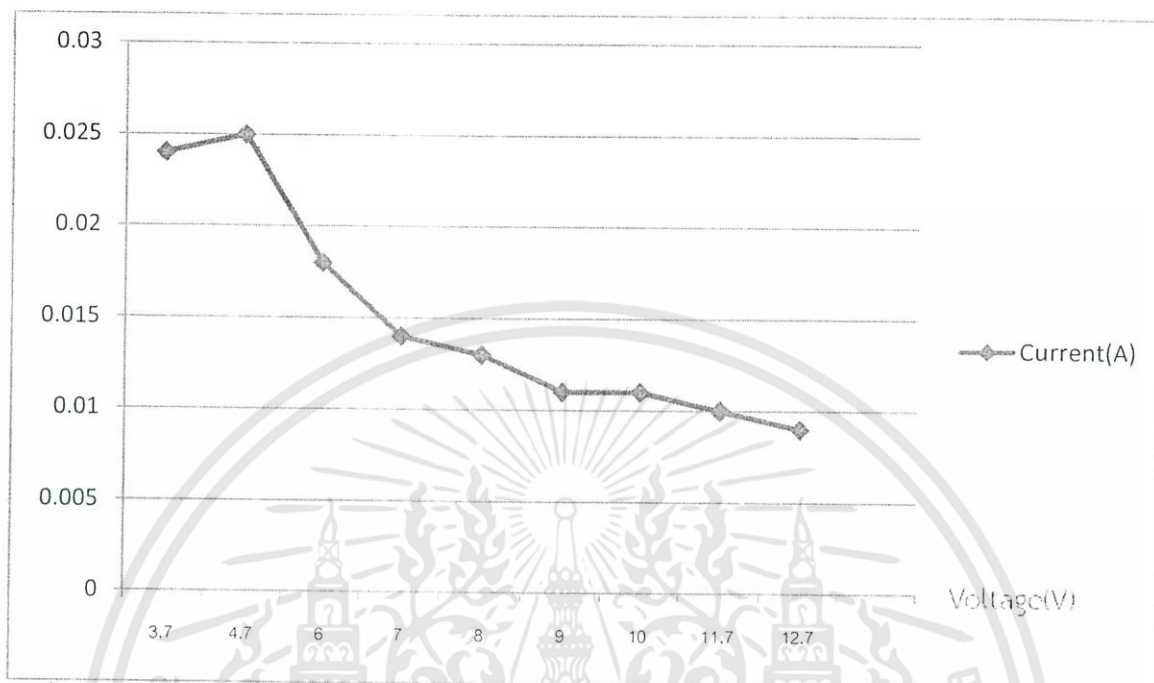
รูปที่ 5.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน input กับกระแส input ของวงจร step up converter ขณะ open circuit และขณะที่ดึงกระแส 100 mA

5.4 การทดสอบวงจร switching voltage regulator ขณะ open circuit

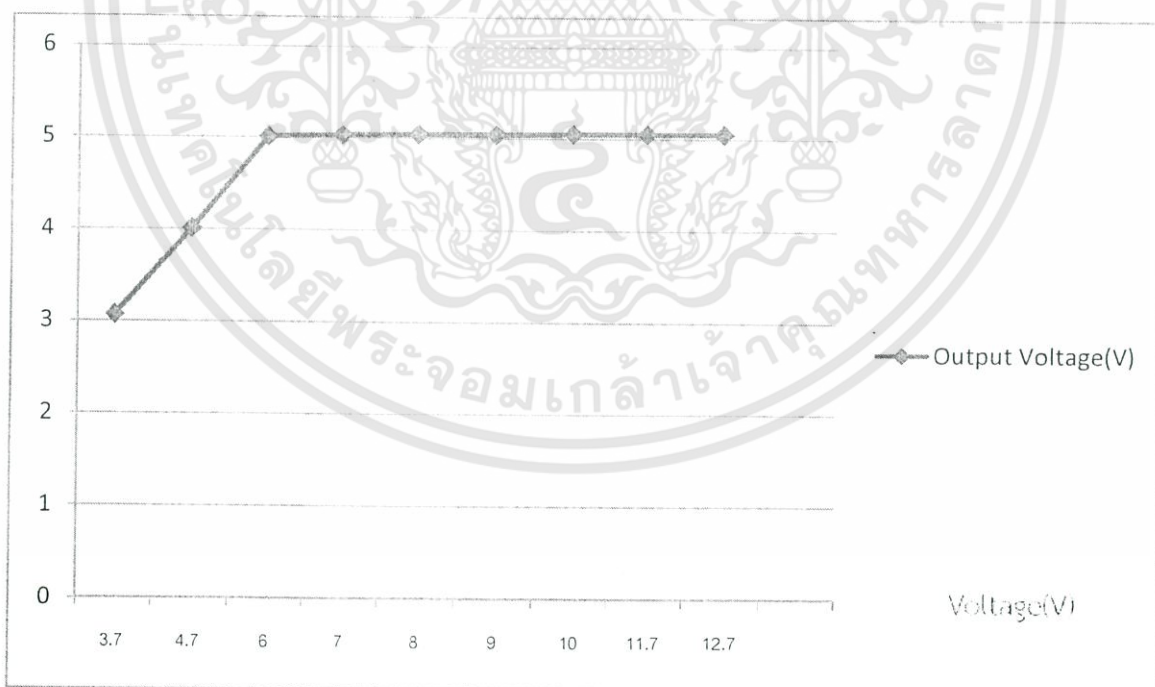
ทำการทดสอบโดยการนำวงจร switching voltage regulator มาต่อกับ power supply จากนั้นปรับแรงดัน input ให้มีค่าเท่ากับค่าที่ได้จากการทดสอบพัลสมไฟฟ้ากระแสตรงในตารางที่ 1 แล้วทำการวัดค่ากระแส input และแรงดัน output ขณะ open circuit

ตารางที่ 5.4 แสดงค่าแรงดัน input กระแส input และค่าแรงดัน output ของวงจร switching voltage regulator ขณะ open circuit

Input Voltage(V)	Input Current(A)	Input Power(mW)	Output Voltage(V)
3.7	0.024	88.8	3.07
4.7	0.025	117.5	4.01
6.0	0.018	108	5.01
7.0	0.014	98	5.03
8.0	0.013	104	5.04
9.0	0.011	99	5.04
10.0	0.011	110	5.05
11.7	0.010	117	5.05
12.7	0.009	114.3	5.05



รูปที่ 5.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน input กับกระแส input ของวงจร switching voltage regulator ขณะที่เป็น open circuit



รูปที่ 5.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน input กับแรงดัน output ของวงจร switching voltage regulator ขณะที่เป็น open circuit

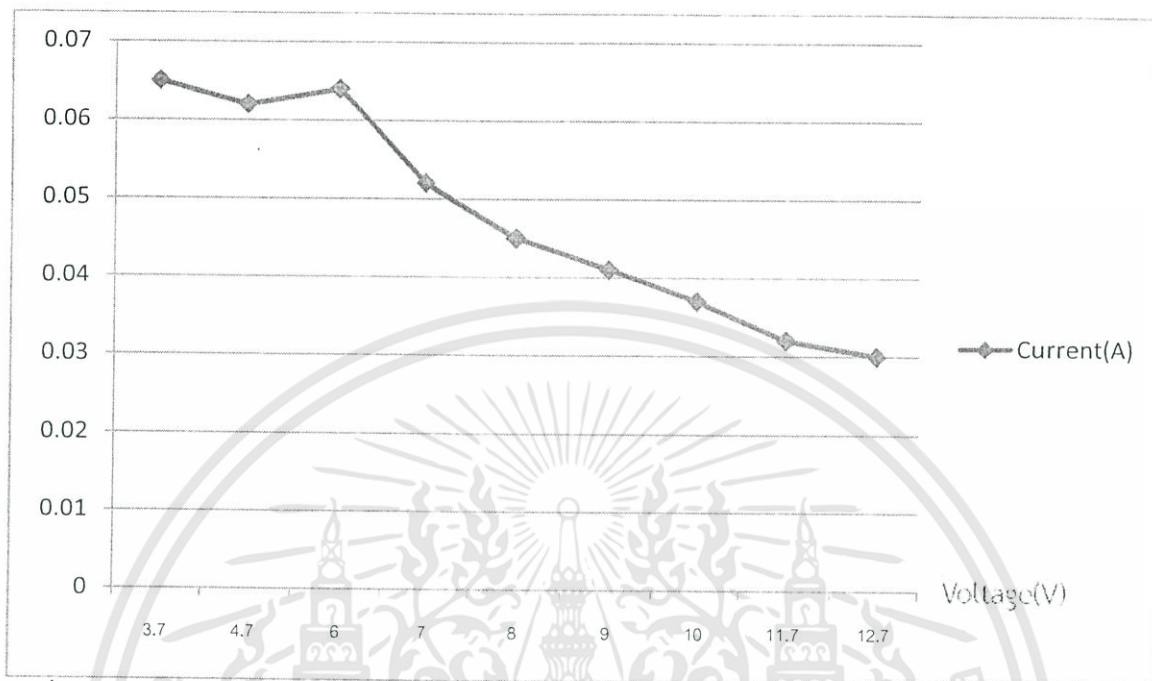
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5 การทดสอบวงจร switching voltage regulator ขณะดึงกระแส 50 mA

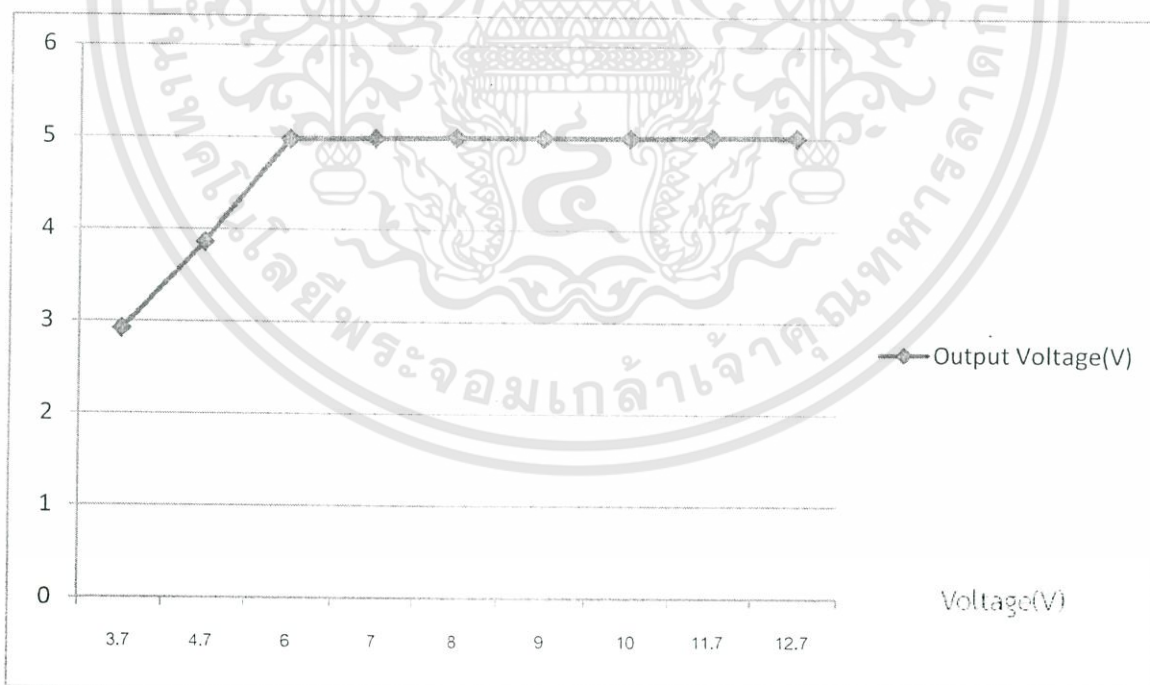
ทำการทดสอบโดยการนำวงจร switching voltage regulator มาต่อกับ power supply จากนั้นปรับแรงดัน input ให้มีค่าเท่ากับค่าที่ได้จากการทดสอบพัลส์ไฟฟ้ากระแสตรงในตารางที่ 1 แล้วทำการวัดค่ากระแส input และแรงดัน output ขณะที่ยังดึงกระแส 50 mA

ตารางที่ 5.5 แสดงค่าแรงดัน input กระแส input และค่าแรงดัน output ของวงจร switching voltage regulator ขณะที่ยังดึงกระแส 50 mA

Input Voltage(V)	Input Current(A)	Input Power(mW)	Output Voltage(V)
3.7	0.065	240.5	2.92
4.7	0.062	291.4	3.86
6.0	0.064	384	4.98
7.0	0.052	364	4.99
8.0	0.045	360	5.00
9.0	0.041	369	5.00
10.0	0.037	370	5.00
11.7	0.032	374.4	5.01
12.7	0.030	381	5.01

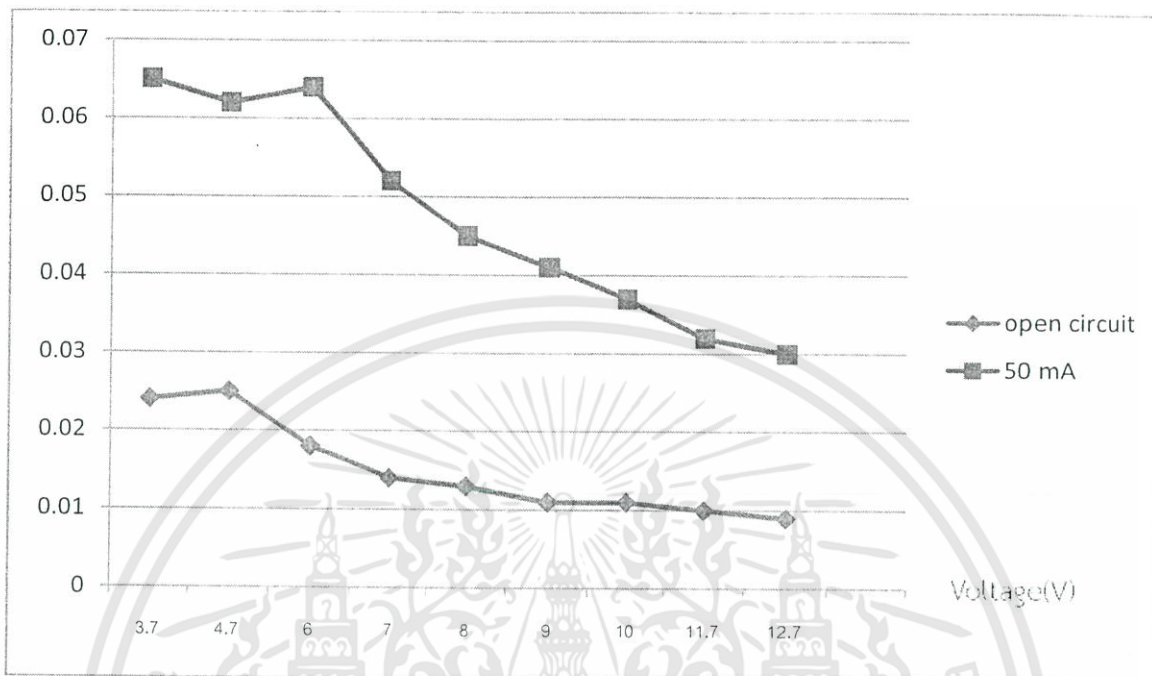


รูปที่ 5.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน input กับกระแส input ของวงจร switching voltage regulator ขณะที่ตั้งกระแส 50 mA



รูปที่ 5.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน input กับแรงดัน output ของวงจร switching voltage regulator ขณะที่ตั้งกระแส 50 mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



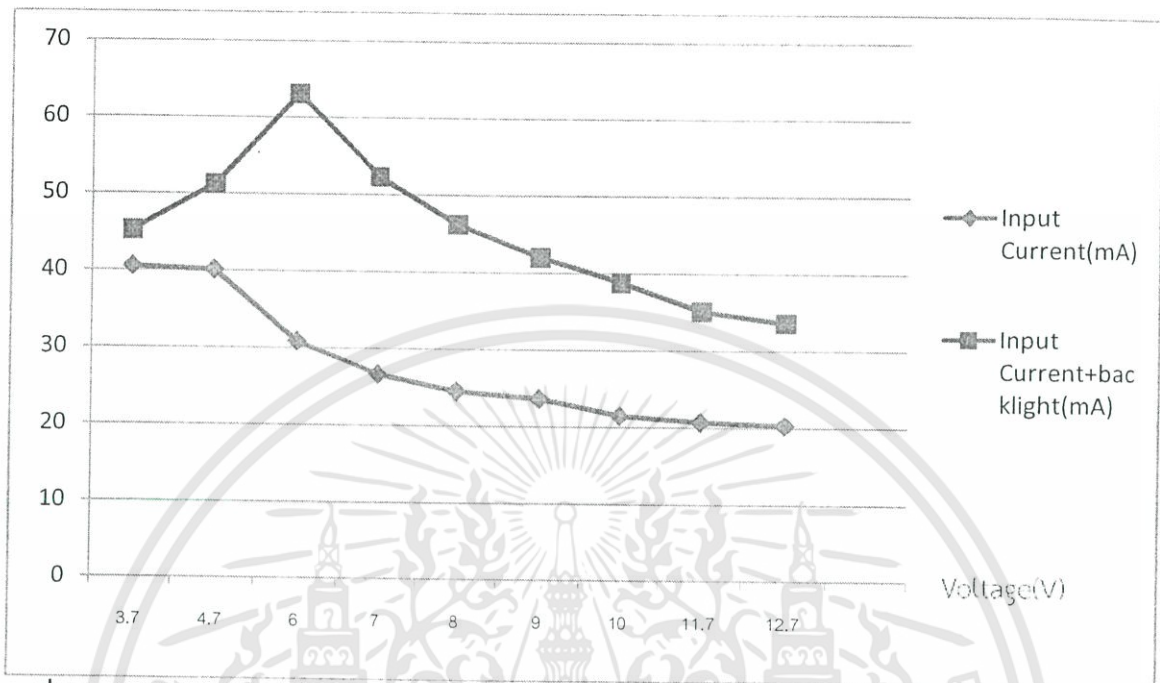
รูปที่ 5.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน input กับกระแส input ของวงจร switching voltage regulator ขณะที่เป็น open circuit และขณะที่ดึงกระแส 50 mA

5.6 การทดสอบรวมทั้ง 3 วงจร (วงจร switching voltage regulator , วงจรรักษาระดับแรงดัน step up converter , วงจร microcontroller) ขณะที่ไม่ได้ชาร์จแบตเตอรี่

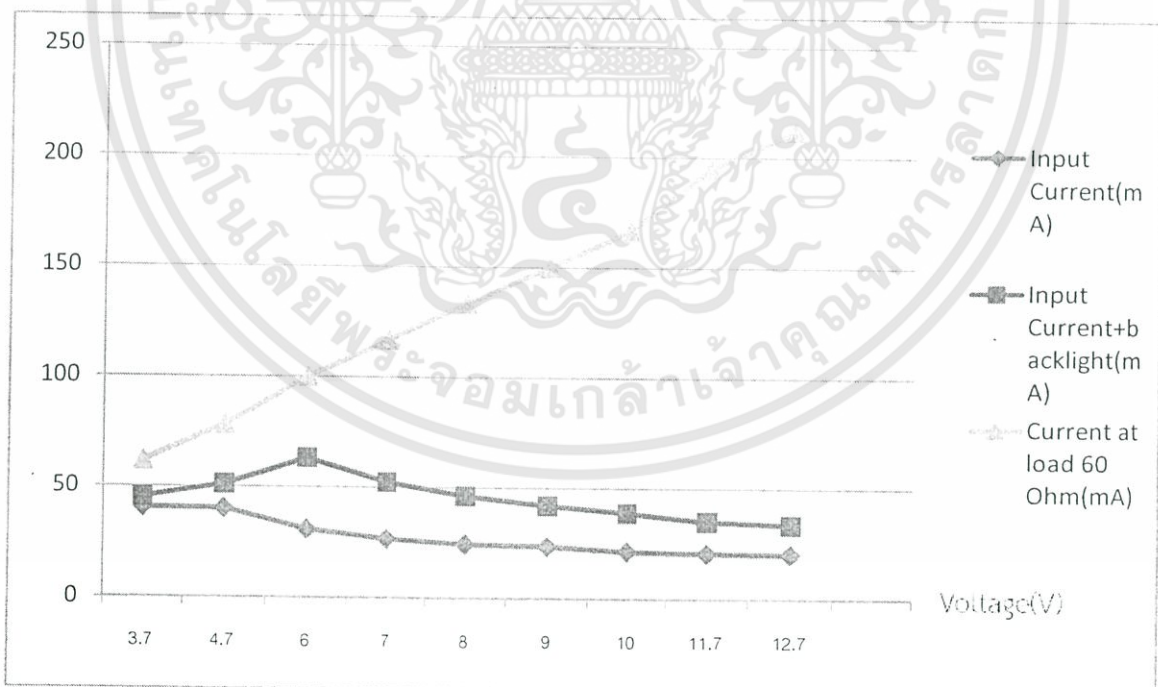
ทำการทดสอบโดยการนำวงจร switching voltage regulator และวงจรรักษาระดับแรงดัน step up converter สำหรับพัลส์ไฟฟ้ากระแสตรง มาต่อกับ power supply แล้วนำไปต่อเข้ากับวงจร microcontroller จากนั้นปรับแรงดัน input ให้มีค่าเท่ากับค่าที่ได้จากการทดสอบพัลส์ไฟฟ้ากระแสตรงในตารางที่ 1 แล้วทำการวัดค่ากระแส input ขณะที่ไม่ได้ชาร์จแบตเตอรี่และมีการจ่ายแรงดัน 10 โวลต์ไปที่ chk_bat เพื่อเป็นการจำลองว่าแบตเตอรี่อยู่ในสภาวะพร้อมชาร์จ

ตารางที่ 5.6 แสดงค่าแรงดัน input และค่ากระแส input แบบปิด/เปิด backlight ขณะที่ไม่ได้ชาร์จแบตเตอรี่

Input Voltage(V)	Input Current(mA)	Input Power(mW)	Input Current + backlight(mA)
3.7	40.5	149.85	45.2
4.7	40.1	188.47	51.2
6.0	30.8	184.8	63.1
7.0	26.6	186.2	52.3
8.0	24.5	196	46.2
9.0	23.6	212.4	42.0
10.0	21.5	215	38.8
11.7	20.7	242.19	35.1
12.7	20.3	257.81	33.6

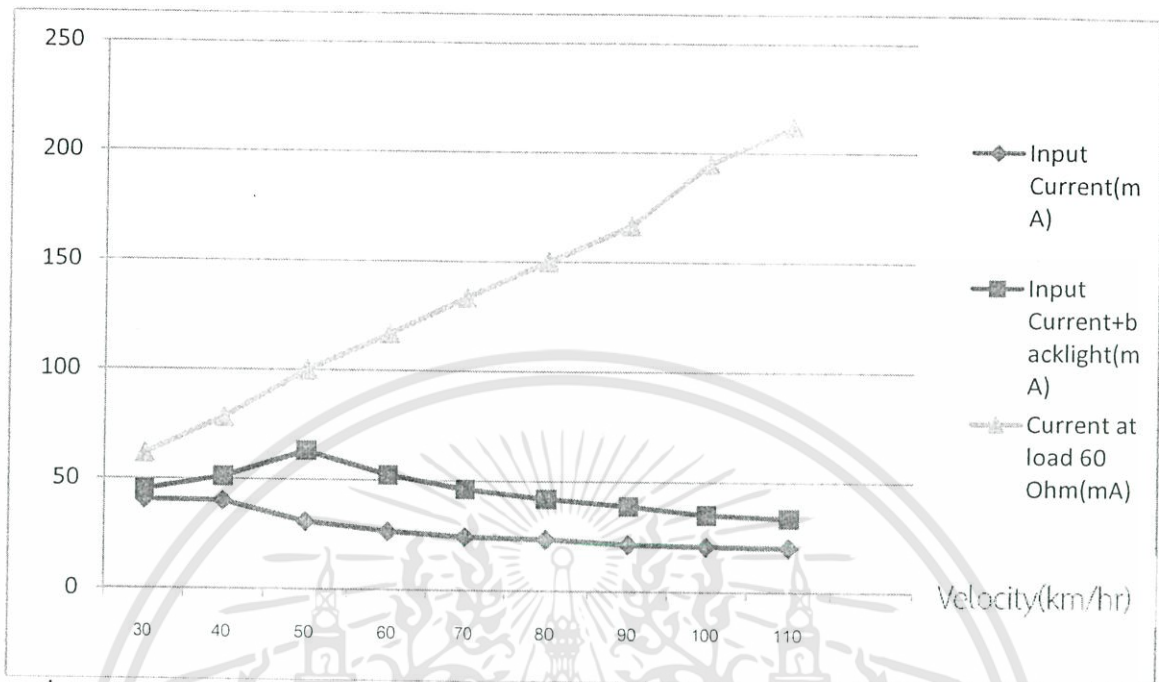


รูปที่ 5.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของกระแส input แบบปิด/เปิด backlight กับแรงดัน input ขณะที่ไม่ได้ชาร์จแบตเตอรี่



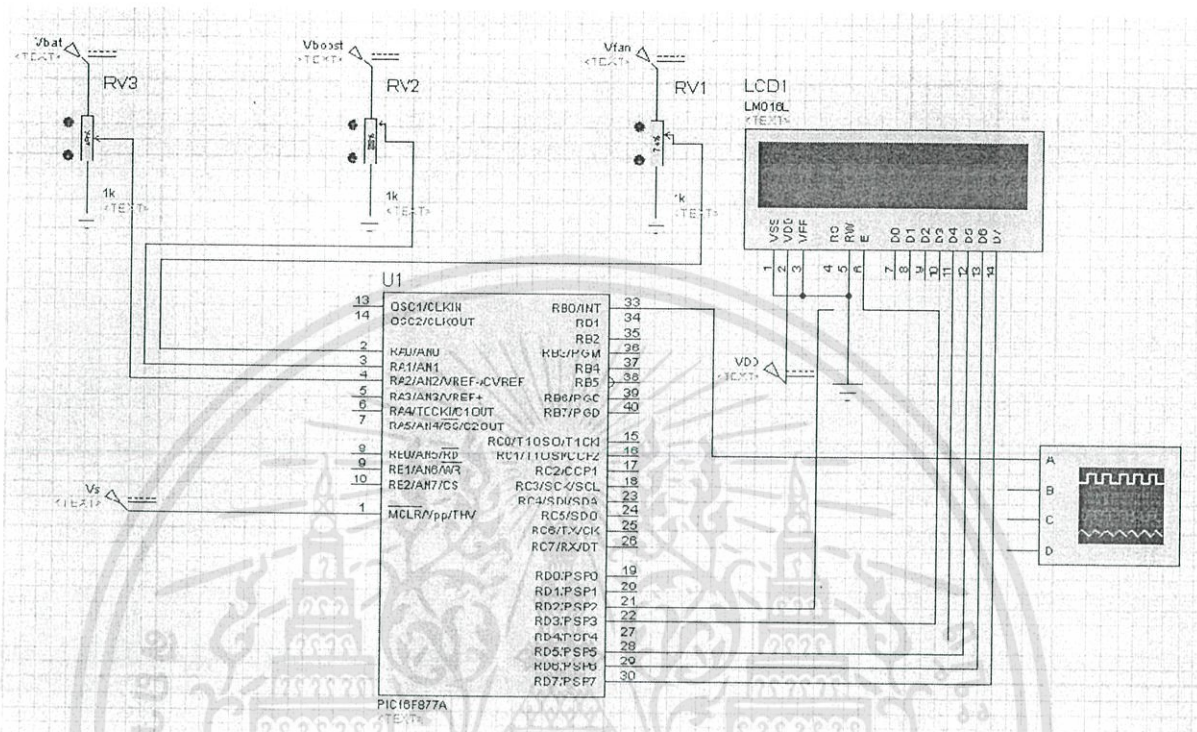
รูปที่ 5.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของกระแส input แบบปิด/เปิด backlight และกระแสของพัลลวมไฟฟ้ากระแสตรงขณะที่มีโหลด 60Ω(จากตารางที่ 1) กับแรงดัน input ขณะที่ไม่ได้ชาร์จแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

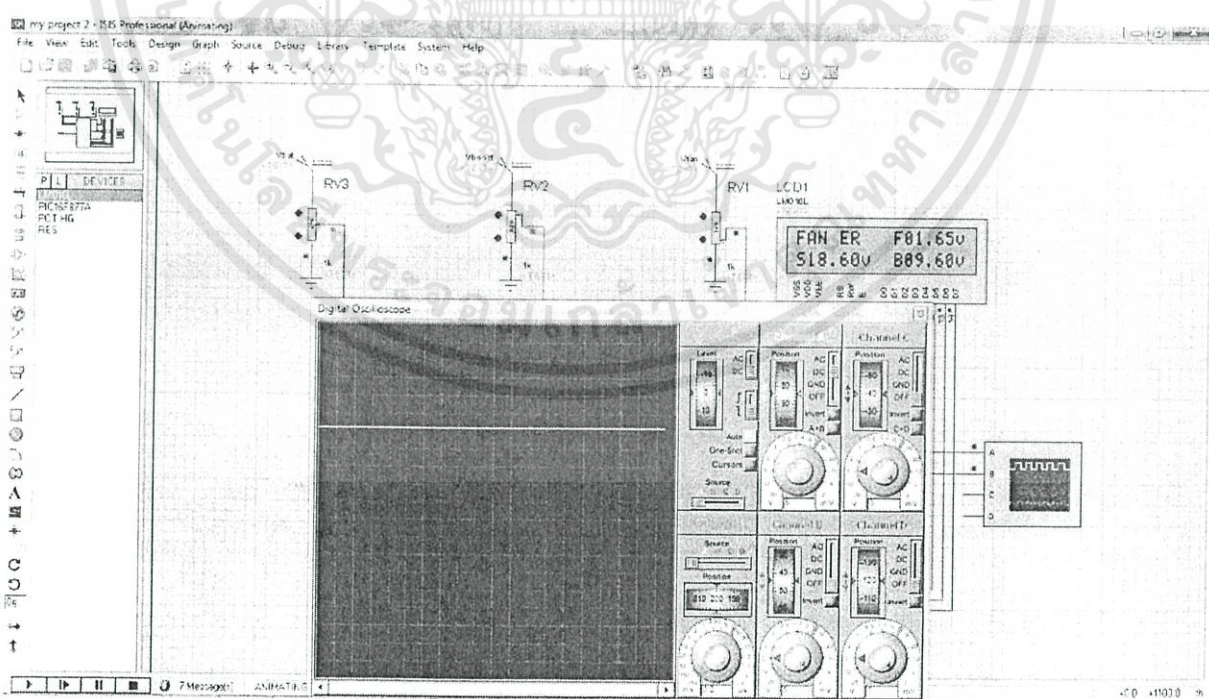


รูปที่ 5.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของกระแส input แบบปิด/เปิด backlight และกระแสของพัดลมไฟฟ้ากระแสตรงขณะที่มีโหลด 60Ω(จากตารางที่ 1) กับความเร็วของรถยนต์ขณะที่ไม่ได้ชาร์จแบตเตอรี่

5.7 การทดลองจำลองการทำงานของ code ที่ใช้ใน microcontroller ในโปรแกรม proteus

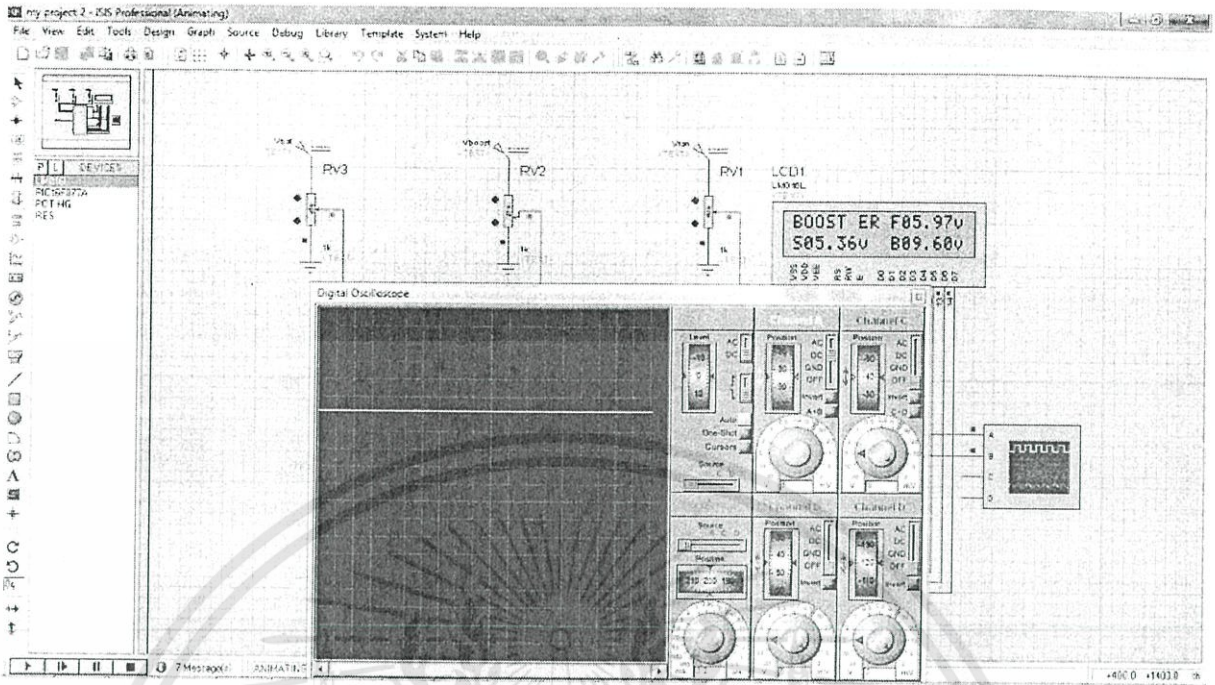


รูปที่ 5.17 หน้าจอการจำลองการทำงานของ code ที่เขียน

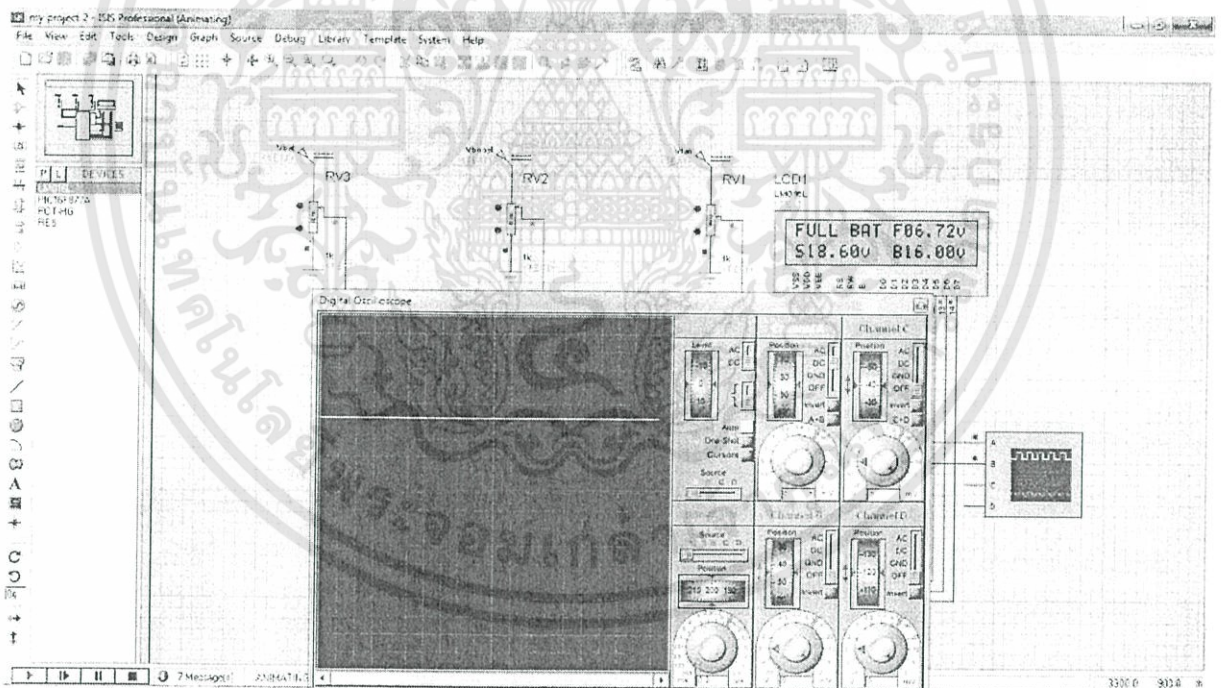


รูปที่ 5.18 การแสดงผลเมื่อค่าแรงดันที่ได้จากพัดลมมีค่าน้อยกว่าที่กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าการณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

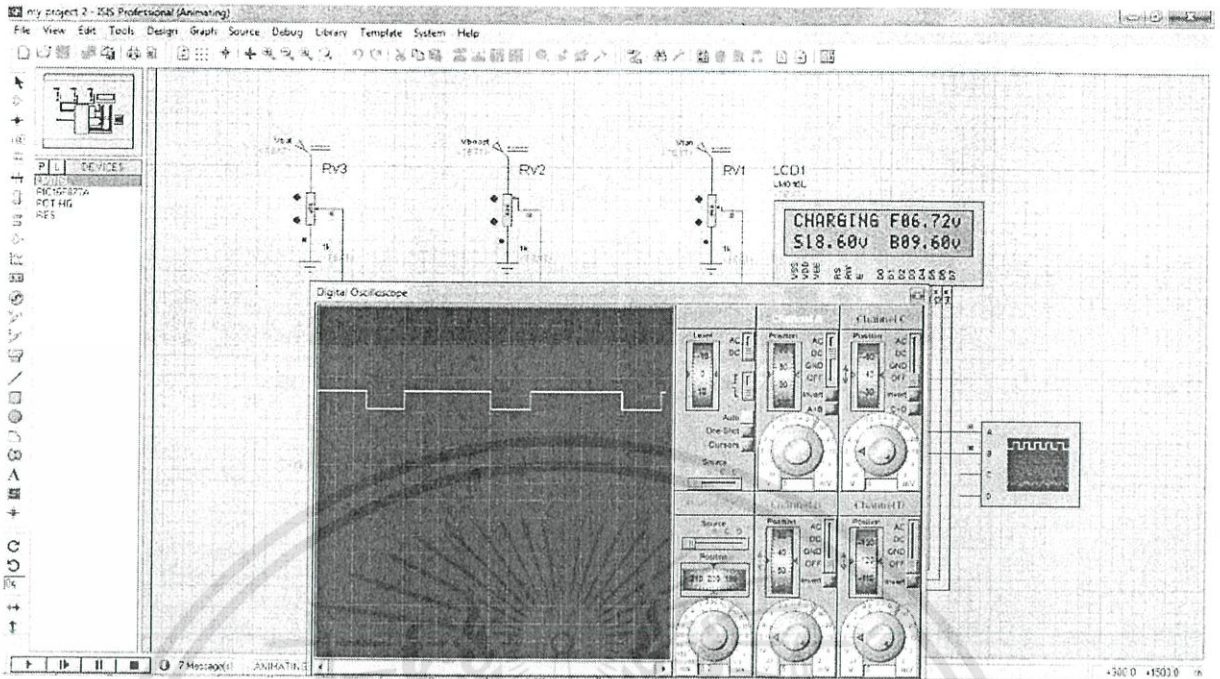


รูปที่ 5.19 การแสดงผลเมื่อวงจร boost มีค่ามากเกินหรือน้อยเกินที่กำหนดไว้

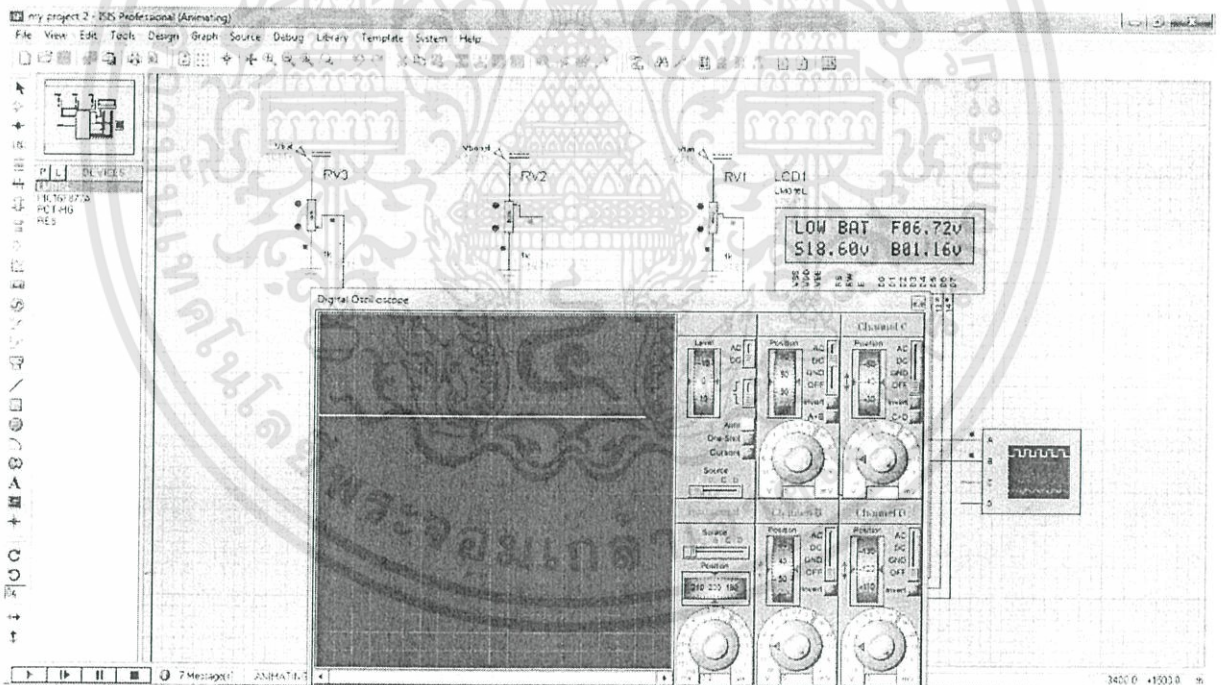


รูปที่ 5.20 การแสดงผลเมื่อแบตเตอรี่มีค่าเต็มแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าการณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.21 การแสดงผลเมื่อค่าแรงดันจากอุปกรณ์ทั้ง 3 เหมาะสมสำหรับการชาร์จ



รูปที่ 5.22 การแสดงผลเมื่อแบตเตอรี่มีค่าต่ำกว่าที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลการทดลอง

6.1 สรุปผลการทดลองการจำลอง code ในโปรแกรม proteus

จากการทดลองจำลองการทำงานของ code ที่ใช้ใน microcontroller ในโปรแกรม proteus สามารถสรุปได้ว่าเมื่อแรงดันของพัลลุมมีค่าน้อยกว่า 3V(1.25V เมื่อทำการ divider) จะทำให้หน้าจอ LCD แสดงผลว่า FAN ER และ output เป็น low 0.3 วินาที จากนั้นวนกลับไปเช็คค่าใหม่เมื่อแรงดันของวงจร step up converterมีค่าน้อยกว่า 17V(4.25V เมื่อทำการ divider) หรือมีค่ามากกว่า 19V(4.75V เมื่อทำการ divider) จะทำให้หน้าจอ LCD แสดงผลว่า BOOST ER และ output เป็น low 0.3 วินาที แล้ววนกลับไปเช็คค่าใหม่เมื่อแรงดันของแบตเตอรี่มีค่าน้อยกว่า 8V(2V เมื่อทำการ divider) จะทำให้หน้าจอ LCD แสดงผลว่า LOW BAT และ output เป็น low 0.3 วินาที จากนั้นวนกลับไปเช็คค่าใหม่เมื่อแรงดันของ battery มีค่าอยู่ในช่วง 8V(2V เมื่อทำการ divider) ถึง 14V(3.5V เมื่อทำการ divider) จะทำให้หน้าจอ LCD แสดงผลว่า CHARGING และ output เป็น high 1 วินาที แล้วเป็น low 0.3 วินาที จากนั้นวนกลับไปเช็คค่าใหม่เมื่อแรงดันของแบตเตอรี่มีค่ามากกว่า 14V(3.5V เมื่อทำการ divider) จะทำให้หน้าจอ LCD แสดงผลว่า FULL BAT และ output เป็น low 0.3 วินาที จากนั้นวนกลับไปเช็คค่าใหม่

6.2 สรุปผลการทดลองพัลลุมไฟฟ้ากระแสตรง

จากผลการทดลองในหัวข้อที่ 5.1 สามารถสรุปได้ว่า พัลลุมไฟฟ้ากระแสตรงเมื่อนำไปปรับลมจากรถยนต์ที่วิ่งด้วยความเร็วที่เพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าแรงดันที่ได้มีค่าเพิ่มขึ้นตามเป็นกราฟเส้นตรง (ในกรณีที่วิ่งด้วยความเร็ว 30 – 110 km/hr)

6.3 สรุปผลการทดลองวงจรรักษาระดับแรงดัน step up converter

จากผลการทดลองในหัวข้อที่ 5.1 – 5.3 สามารถสรุปได้ว่า วงจรรักษาระดับแรงดัน step up converter จะเริ่มทำงานเมื่อมีค่ากำลังไฟฟ้าที่อินพุตประมาณ 50mW ขณะที่ open circuit และประมาณ 2200mW ขณะที่ตั้งกระแส 100mA

6.4 สรุปผลการทดลองวงจร switching voltage regulator

จากผลการทดลองในหัวข้อที่ 5.1 , 5.4 และ 5.5 สามารถสรุปได้ว่า วงจร switching voltage regulator จะเริ่มทำงานเมื่อมีค่ากำลังไฟฟ้าที่อินพุตประมาณ 105mW ขณะที่ open circuit และประมาณ 370mW ขณะที่ตั้งกระแส 50mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.5 สรุปผลการทดลองรวมทั้ง 3 วงจร (วงจร switching voltage regulator , วงจร รักรักษาระดับแรงดัน step up converter , วงจร microcontroller) หน้าที่ไม่ได้ ชาร์จแบตเตอรี่

จากผลการทดลองในหัวข้อที่ 5.1 และ 5.6 สามารถสรุปได้ว่า วงจรรวมทั้ง 3 วงจร (วงจร switching voltage regulator , วงจรรักรักษาระดับแรงดัน step up converter , วงจร microcontroller) สามารถทำงานได้เมื่อมีค่ากำลังไฟฟ้าที่อินพุตประมาณ 188mW ซึ่งเมื่อนำไป เปรียบเทียบกับค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากพัดลมแล้วจะพบว่า ต้องขับรถยนต์ด้วยความเร็ว 30km/hr จึง จะทำให้วงจรทั้ง 3 ทำงานได้

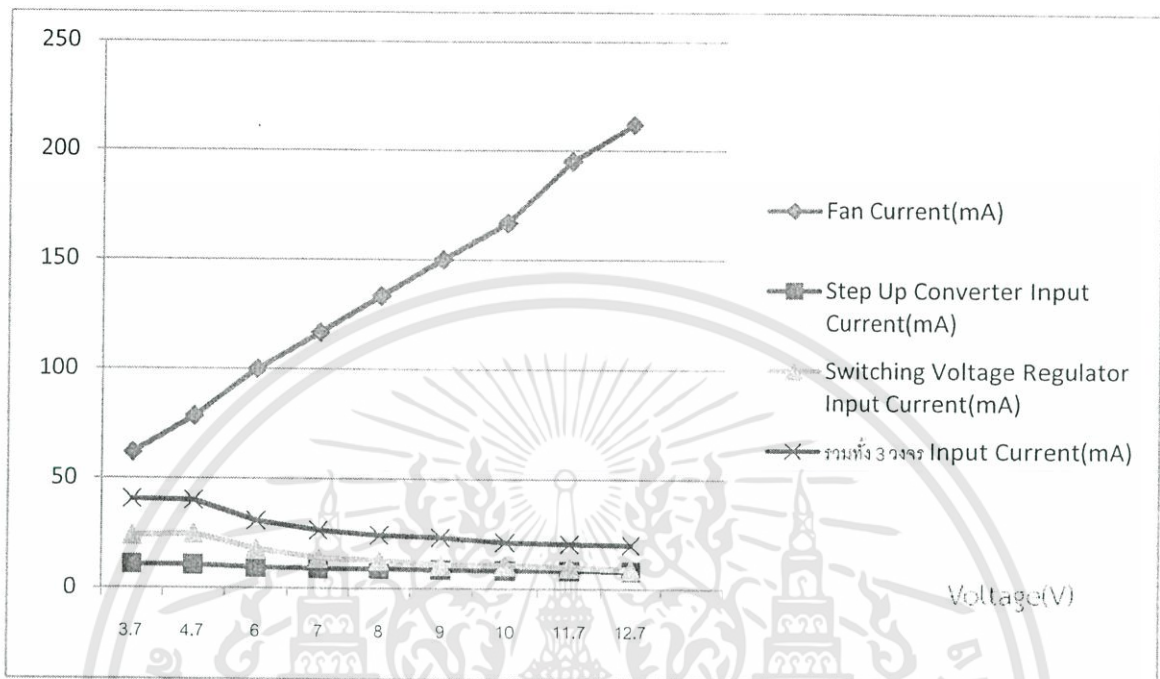
6.6 สรุปผลการทดลองโดยการนำค่ากระแสจากตารางที่ 5.1 , 5.2 , 5.4 และ 5.6 มา เปรียบเทียบกัน

นำค่ากระแสจากตารางที่ 5.1 , 5.2 , 5.4 และ 5.6 มาเปรียบเทียบกันเพื่อดูว่าต้องให้รถยนต์ วิ่งด้วยความเร็วเท่าไรจึงจะทำให้วงจรทั้งหมดทำงานได้ (โดยใช้กระแสขณะที่วัดแบบ open circuit ทั้งหมด) โดยสามารถสรุปได้ว่าวงจรจะทำงานได้ในสภาวะ error ที่ความเร็ว 30 – 40 km/hr และ ทำงานได้ในสภาวะ charging ที่ความเร็ว 50 km/hr เป็นต้นไป

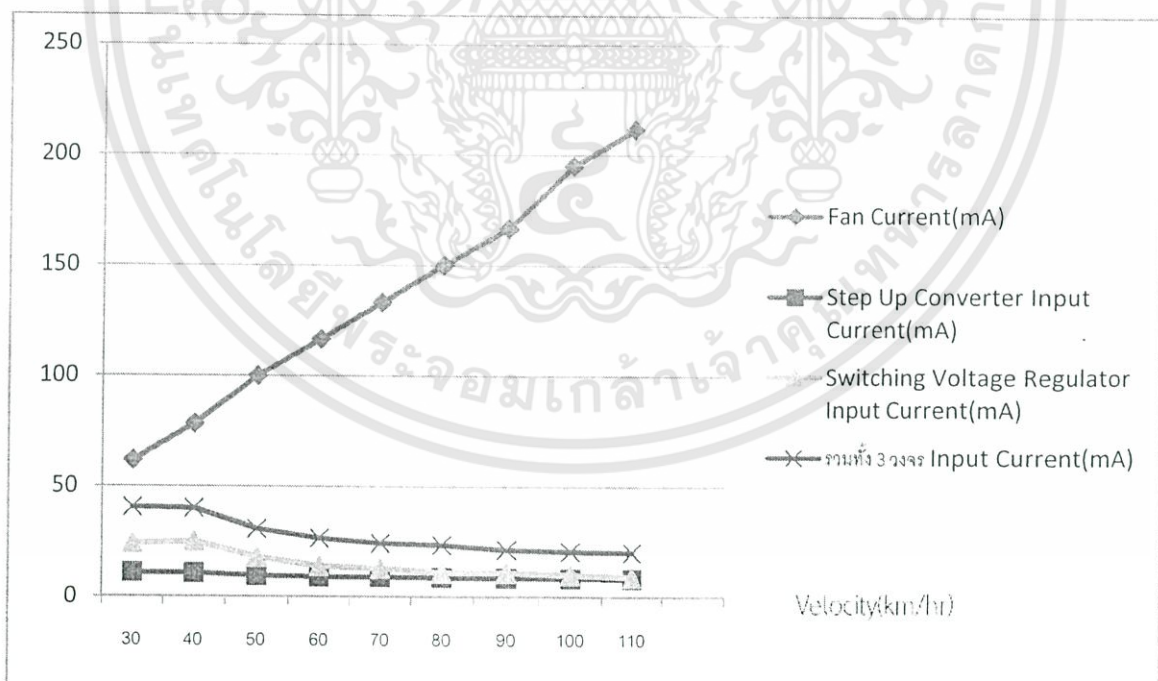
ตารางที่ 6.1 แสดงค่าเปรียบเทียบกระแสของวงจรทั้งหมด

Velocity(km/hr)	Voltage(V)	ตารางที่ 5.1 Fan Current(mA)	ตารางที่ 5.2 Step Up Converter Input Current(mA)	ตารางที่ 5.4 Switching Voltage Regulator Input Current(mA)	ตารางที่ 5.6 รวมทั้ง 3 วงจร Input Current(mA)
30	3.7	61.7	11	24	40.5
40	4.7	78.3	10.8	25	40.1
50	6	100	9.5	18	30.8
60	7	116.7	9.2	14	26.6
70	8	133.3	9.1	13	24.5
80	9	150	8.9	11	23.6
90	10	166.7	8.7	11	21.5
100	11.7	195	8.5	10	20.7
110	12.7	211.7	8.4	9	20.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.1 กราฟแสดงค่าระหว่างแรงดัน input กับกระแส input ของวงจรทั้งหมด



รูปที่ 6.2 กราฟแสดงค่าระหว่างความเร็วกับกระแส input ของวงจรทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง (2554) : “Advance PIC Microcontroller in C การประยุกต์ใช้งาน PIC ขั้นสูงด้วยภาษา C” : สำนักพิมพ์สมาร์ทเลิร์นนิ่ง
- [2] นายกฤติน อรรถพฤกษ์ , นายศุภกรณ์ รุ่งเมฆารัตน์ (2554) : “ระบบอัดประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานจากเทอร์โมอิเล็กทริก” : ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
- [3] John Therampilly (2012) : “Energy Harvesting From multiple Sources For Battery Charging” : Bachelor Degree of Electrical Engineering





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



PIC16F87XA

28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers

Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F873A
- PIC16F874A
- PIC16F876A
- PIC16F877A

High-Performance RISC CPU:

- Only 35 single-word instructions to learn
- All single-cycle instructions except for program branches, which are two-cycle
- Operating speed: DC – 20 MHz clock input
DC – 200 ns instruction cycle
- Up to 8K x 14 words of Flash Program Memory, Up to 368 x 8 bytes of Data Memory (RAM), Up to 256 x 8 bytes of EEPROM Data Memory
- Pinout compatible to other 28-pin or 40/44-pin PIC16CXXX and PIC16FXXX microcontrollers

Peripheral Features:

- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler, can be incremented during Sleep via external crystal/clock
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period register, prescaler and postscaler
- Two Capture, Compare, PWM modules
 - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
 - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
 - PWM max. resolution is 10-bit
- Synchronous Serial Port (SSP) with SPI™ (Master mode) and I²C™ (Master/Slave)
- Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter (USART/SCI) with 9-bit address detection
- Parallel Slave Port (PSP) – 8 bits wide with external RD, WR and CS controls (40/44-pin only)
- Brown-out detection circuitry for Brown-out Reset (BOR)

Analog Features:

- 10-bit, up to 8-channel Analog-to-Digital Converter (A/D)
- Brown-out Reset (BOR)
- Analog Comparator module with:
 - Two analog comparators
 - Programmable on-chip voltage reference (VREF) module
 - Programmable input multiplexing from device inputs and internal voltage reference
 - Comparator outputs are externally accessible

Special Microcontroller Features:

- 100,000 erase/write cycle Enhanced Flash program memory typical
- 1,000,000 erase/write cycle Data EEPROM memory typical
- Data EEPROM Retention > 40 years
- Self-reprogrammable under software control
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- Single-supply 5V In-Circuit Serial Programming
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving Sleep mode
- Selectable oscillator options
- In-Circuit Debug (ICD) via two pins

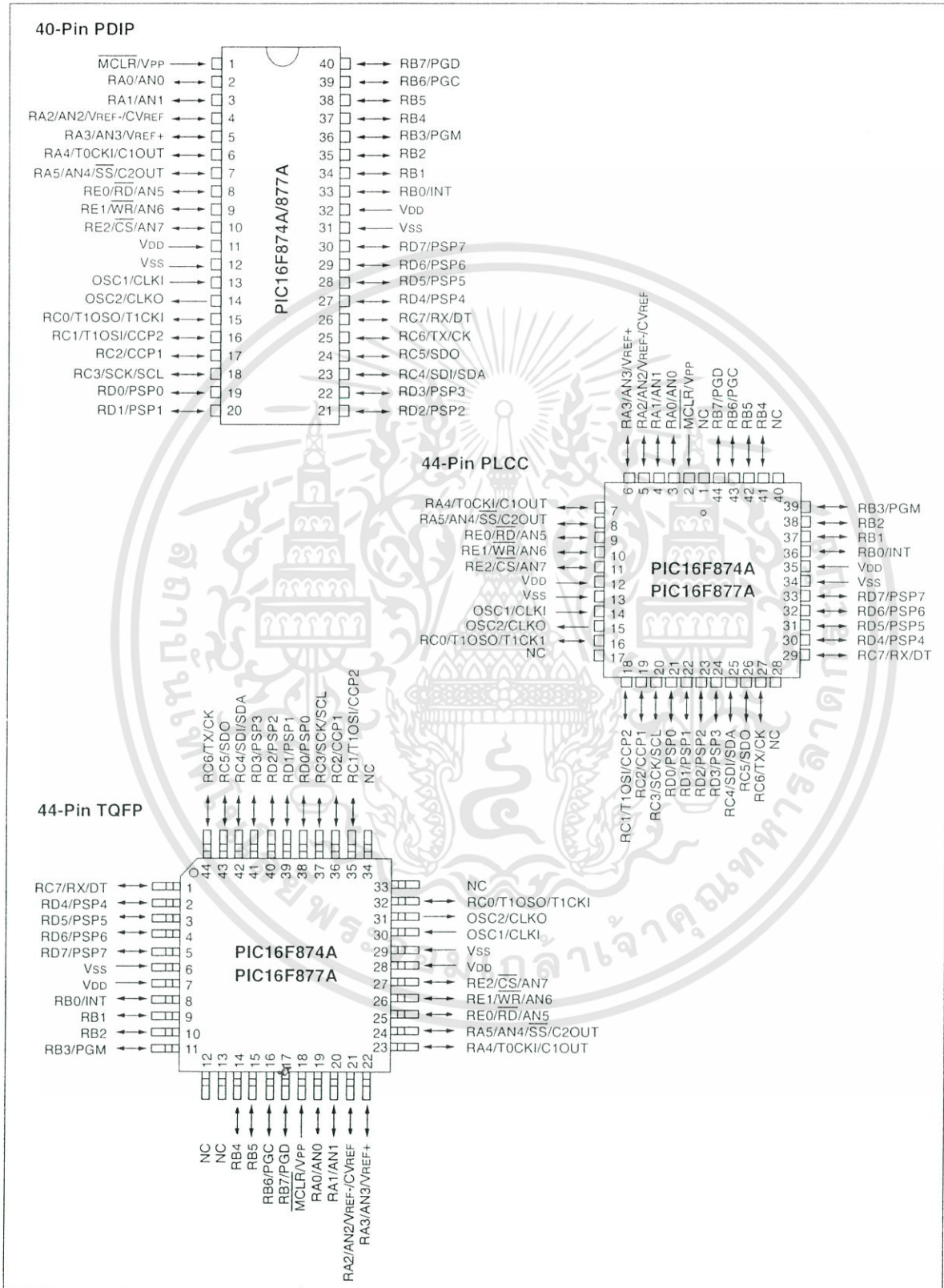
CMOS Technology:

- Low-power, high-speed Flash/EEPROM technology
- Fully static design
- Wide operating voltage range (2.0V to 5.5V)
- Commercial and Industrial temperature ranges
- Low-power consumption

Device	Program Memory		Data SRAM (Bytes)	EEPROM (Bytes)	I/O	10-bit A/D (ch)	CCP (PWM)	MSSP		USART	Timers 8/16-bit	Comparators
	Bytes	# Single Word Instructions						SPI	Master I ² C			
PIC16F873A	7.2K	4096	192	128	22	5	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F874A	7.2K	4096	192	128	33	8	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F876A	14.3K	8192	368	256	22	5	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F877A	14.3K	8192	368	256	33	8	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2

PIC16F87XA

Pin Diagrams (Continued)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIC16F87XA

1.0 DEVICE OVERVIEW

This document contains device specific information about the following devices:

- PIC16F873A
- PIC16F874A
- PIC16F876A
- PIC16F877A

PIC16F873A/876A devices are available only in 28-pin packages, while PIC16F874A/877A devices are available in 40-pin and 44-pin packages. All devices in the PIC16F87XA family share common architecture with the following differences:

- The PIC16F873A and PIC16F874A have one-half of the total on-chip memory of the PIC16F876A and PIC16F877A
- The 28-pin devices have three I/O ports, while the 40/44-pin devices have five
- The 28-pin devices have fourteen interrupts, while the 40/44-pin devices have fifteen
- The 28-pin devices have five A/D input channels, while the 40/44-pin devices have eight
- The Parallel Slave Port is implemented only on the 40/44-pin devices

The available features are summarized in Table 1-1. Block diagrams of the PIC16F873A/876A and PIC16F874A/877A devices are provided in Figure 1-1 and Figure 1-2, respectively. The pinouts for these device families are listed in Table 1-2 and Table 1-3.

Additional information may be found in the PICmicro® Mid-Range Reference Manual (DS33023), which may be obtained from your local Microchip Sales Representative or downloaded from the Microchip web site. The Reference Manual should be considered a complementary document to this data sheet and is highly recommended reading for a better understanding of the device architecture and operation of the peripheral modules.

TABLE 1-1: PIC16F87XA DEVICE FEATURES

Key Features	PIC16F873A	PIC16F874A	PIC16F876A	PIC16F877A
Operating Frequency	DC – 20 MHz	DC – 20 MHz	DC – 20 MHz	DC – 20 MHz
Resets (and Delays)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)
Flash Program Memory (14-bit words)	4K	4K	8K	8K
Data Memory (bytes)	192	192	368	368
EEPROM Data Memory (bytes)	128	128	256	256
Interrupts	14	15	14	15
I/O Ports	Ports A, B, C	Ports A, B, C, D, E	Ports A, B, C	Ports A, B, C, D, E
Timers	3	3	3	3
Capture/Compare/PWM modules	2	2	2	2
Serial Communications	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART
Parallel Communications	—	PSP	—	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	5 input channels	8 input channels	5 input channels	8 input channels
Analog Comparators	2	2	2	2
Instruction Set	35 Instructions	35 Instructions	35 Instructions	35 Instructions
Packages	28-pin PDIP 28-pin SOIC 28-pin SSOP 28-pin QFN	40-pin PDIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP 44-pin QFN	28-pin PDIP 28-pin SOIC 28-pin SSOP 28-pin QFN	40-pin PDIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP 44-pin QFN

PIC16F87XA

TABLE 1-2: PIC16F873A/876A PINOUT DESCRIPTION

Pin Name	PDIP, SOIC, SSOP Pin#	QFN Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/CLKI OSC1 CLKI	9	6	I I	ST/CMOS ⁽³⁾	Oscillator crystal or external clock input. Oscillator crystal input or external clock source input. ST buffer when configured in RC mode; otherwise CMOS. External clock source input. Always associated with pin function OSC1 (see OSC1/CLKI, OSC2/CLKO pins).
OSC2/CLKO OSC2 CLKO	10	7	O O	—	Oscillator crystal or clock output. Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in Crystal Oscillator mode. In RC mode, OSC2 pin outputs CLKO, which has 1/4 the frequency of OSC1 and denotes the instruction cycle rate.
MCLR/VPP MCLR VPP	1	26	I P	ST	Master Clear (input) or programming voltage (output). Master Clear (Reset) input. This pin is an active low Reset to the device. Programming voltage input.
RA0/AN0 RA0 AN0	2	27	I/O I	TTL	PORTA is a bidirectional I/O port. Digital I/O. Analog input 0.
RA1/AN1 RA1 AN1	3	28	I/O I	TTL	
RA2/AN2/VREF-/ CVREF RA2 AN2 VREF- CVREF	4	1	I/O I O	TTL	
RA3/AN3/VREF+ RA3 AN3 VREF+	5	2	I/O I I	TTL	
RA4/T0CKI/C1OUT RA4 T0CKI C1OUT	6	3	I/O I O	ST	
RA5/AN4/SS/C2OUT RA5 AN4 SS C2OUT	7	4	I/O I I O	TTL	

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
 — = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

- Note 1:** This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.
Note 2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
Note 3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC Oscillator mode and a CMOS input otherwise.

PIC16F87XA

TABLE 1-2: PIC16F873A/876A PINOUT DESCRIPTION (CONTINUED)

Pin Name	PDIP, SOIC, SSOP Pin#	QFN Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
RB0/INT RB0 INT	21	18	I/O I	TTL/ST ⁽¹⁾	PORTB is a bidirectional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-ups on all inputs. Digital I/O. External interrupt.
RB1	22	19	I/O	TTL	Digital I/O.
RB2	23	20	I/O	TTL	Digital I/O.
RB3/PGM RB3 PGM	24	21	I/O I	TTL	Digital I/O. Low-voltage (single-supply) ICSP programming enable pin.
RB4	25	22	I/O	TTL	Digital I/O.
RB5	26	23	I/O	TTL	Digital I/O.
RB6/PGC RB6 PGC	27	24	I/O I	TTL/ST ⁽²⁾	Digital I/O. In-circuit debugger and ICSP programming clock.
RB7/PGD RB7 PGD	28	25	I/O I/O	TTL/ST ⁽²⁾	Digital I/O. In-circuit debugger and ICSP programming data.
RC0/T1OSO/T1CKI RC0 T1OSO T1CKI	11	8	I/O O I	ST	PORTC is a bidirectional I/O port. Digital I/O. Timer1 oscillator output. Timer1 external clock input.
RC1/T1OSI/CCP2 RC1 T1OSI CCP2	12	9	I/O I I/O	ST	Digital I/O. Timer1 oscillator input. Capture2 input, Compare2 output, PWM2 output.
RC2/CCP1 RC2 CCP1	13	10	I/O I/O	ST	Digital I/O. Capture1 input, Compare1 output, PWM1 output.
RC3/SCK/SCL RC3 SCK SCL	14	11	I/O I/O I/O	ST	Digital I/O. Synchronous serial clock input/output for SPI mode. Synchronous serial clock input/output for I ² C mode.
RC4/SDI/SDA RC4 SDI SDA	15	12	I/O I I/O	ST	Digital I/O. SPI data in. I ² C data I/O.
RC5/SDO RC5 SDO	16	13	I/O O	ST	Digital I/O. SPI data out.
RC6/TX/CK RC6 TX CK	17	14	I/O O I/O	ST	Digital I/O. USART asynchronous transmit. USART1 synchronous clock.
RC7/RX/DT RC7 RX DT	18	15	I/O I I/O	ST	Digital I/O. USART asynchronous receive. USART synchronous data.
Vss	8, 19	5, 6	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
VDD	20	17	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
 — = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

- Note** 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.
 2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
 3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC Oscillator mode and a CMOS input otherwise.

PIC16F87XA

TABLE 1-3: PIC16F874A/877A PINOUT DESCRIPTION (CONTINUED)

Pin Name	PDIP Pin#	PLCC Pin#	TQFP Pin#	QFN Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
RB0/INT RB0 INT	33	36	8	9	I/O I	TTL/ST ⁽¹⁾	PORTB is a bidirectional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-up on all inputs. Digital I/O. External interrupt.
RB1	34	37	9	10	I/O	TTL	Digital I/O.
RB2	35	38	10	11	I/O	TTL	Digital I/O.
RB3/PGM RB3 PGM	36	39	11	12	I/O I	TTL	Digital I/O. Low-voltage ICSP programming enable pin.
RB4	37	41	14	14	I/O	TTL	Digital I/O.
RB5	38	42	15	15	I/O	TTL	Digital I/O.
RB6/PGC RB6 PGC	39	43	16	16	I/O I	TTL/ST ⁽²⁾	Digital I/O. In-circuit debugger and ICSP programming clock.
RB7/PGD RB7 PGD	40	44	17	17	I/O I/O	TTL/ST ⁽²⁾	Digital I/O. In-circuit debugger and ICSP programming data.

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
— = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

- Note** 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.
2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC Oscillator mode and a CMOS input otherwise.

PIC16F87XA

TABLE 1-3: PIC16F874A/877A PINOUT DESCRIPTION (CONTINUED)

Pin Name	PDIP Pin#	PLCC Pin#	TQFP Pin#	QFN Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
RC0/T1OSO/T1CKI RC0 T1OSO T1CKI	15	16	32	34	I/O O I	ST	PORTC is a bidirectional I/O port. Digital I/O. Timer1 oscillator output. Timer1 external clock input.
RC1/T1OSI/CCP2 RC1 T1OSI CCP2	16	18	35	35	I/O I I/O	ST	Digital I/O. Timer1 oscillator input. Capture2 input, Compare2 output, PWM2 output.
RC2/CCP1 RC2 CCP1	17	19	36	36	I/O I/O	ST	Digital I/O. Capture1 input, Compare1 output, PWM1 output.
RC3/SCK/SCL RC3 SCK SCL	18	20	37	37	I/O I/O I/O	ST	Digital I/O. Synchronous serial clock input/output for SPI mode. Synchronous serial clock input/output for I ² C mode.
RC4/SDI/SDA RC4 SDI SDA	23	25	42	42	I/O I I/O	ST	Digital I/O. SPI data in. I ² C data I/O.
RC5/SDO RC5 SDO	24	26	43	43	I/O O	ST	Digital I/O. SPI data out.
RC6/TX/CK RC6 TX CK	25	27	44	44	I/O O I/O	ST	Digital I/O. USART asynchronous transmit. USART1 synchronous clock.
RC7/RX/DT RC7 RX DT	26	29	1	1	I/O I I/O	ST	Digital I/O. USART asynchronous receive. USART synchronous data.

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
 — = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

- Note 1:** This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.
2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC Oscillator mode and a CMOS input otherwise.

PIC16F87XA

TABLE 1-3: PIC16F874A/877A PINOUT DESCRIPTION (CONTINUED)

Pin Name	PDIP Pin#	PLCC Pin#	TQFP Pin#	QFN Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
RD0/PSP0 RD0 PSP0	19	21	38	38	I/O I/O	ST/TTL ⁽³⁾	PORTD is a bidirectional I/O port or Parallel Slave Port when interfacing to a microprocessor bus. Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RD1/PSP1 RD1 PSP1	20	22	39	39	I/O I/O	ST/TTL ⁽³⁾	Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RD2/PSP2 RD2 PSP2	21	23	40	40	I/O I/O	ST/TTL ⁽³⁾	Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RD3/PSP3 RD3 PSP3	22	24	41	41	I/O I/O	ST/TTL ⁽³⁾	Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RD4/PSP4 RD4 PSP4	27	30	2	2	I/O I/O	ST/TTL ⁽³⁾	Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RD5/PSP5 RD5 PSP5	28	31	3	3	I/O I/O	ST/TTL ⁽³⁾	Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RD6/PSP6 RD6 PSP6	29	32	4	4	I/O I/O	ST/TTL ⁽³⁾	Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RD7/PSP7 RD7 PSP7	30	33	5	5	I/O I/O	ST/TTL ⁽³⁾	Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RE0/ $\overline{\text{RD}}$ /AN5 RE0 RD AN5	8	9	25	25	I/O I I	ST/TTL ⁽³⁾	PORTE is a bidirectional I/O port. Digital I/O. Read control for Parallel Slave Port. Analog input 5.
RE1/ $\overline{\text{WR}}$ /AN6 RE1 WR AN6	9	10	26	26	I/O I I	ST/TTL ⁽³⁾	Digital I/O. Write control for Parallel Slave Port. Analog input 6.
RE2/ $\overline{\text{CS}}$ /AN7 RE2 CS AN7	10	11	27	27	I/O I I	ST/TTL ⁽³⁾	Digital I/O. Chip select control for Parallel Slave Port. Analog input 7.
Vss	12, 31	13, 34	6, 29	6, 30, 31	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
VDD	11, 32	12, 35	7, 28	7, 8, 28, 29	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.
NC	—	1, 17, 28, 40	12, 13, 33, 34	13	—	—	These pins are not internally connected. These pins should be left unconnected.

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
 — = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

- Note 1:** This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.
2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC Oscillator mode and a CMOS input otherwise.



Bay Linear

Inspire the Linear Power

3.0A Step Down Switching voltage Regulator

LM2576

Adjustable & Fix Output

Description

The Bay Linear LM2576 contains fixed and adjustable switching voltage regulators that require a minimum of external components. All circuitry necessary to build a buck-switching regulator is included.

The LM2576 is available in 3.3V; 5V, 12V & 15V fixed voltages, or an adjustable version with an output voltage range from 1.23V to 37V. The guaranteed accuracy for specified input and load conditions is $\pm 4\%$.

The LM2576 can supply 3A with an excellent load and line regulation. Protection such as cycle-by-cycle current limiting or thermal shutdown has been designed. In standby mode, the current consumption has been minimized (200 μ A).

For 1A step-down switching regulators refer to B2575 data sheets

Features

- Guaranteed 3A Output Current
- High Efficiency
- Wide Input Voltage, up to 40V
- 3.3V, 5V, 12V, 15V and Adjustable Output Versions
- Thermal Shutdown and Current Limit Protection
- Requires only 4 External Components
- Low Power Standby Mode < 200 μ A Typical
- Shutdown Capability (Standby Mode)
- 52kHz Fixed Frequency Internal Oscillator
- Uses Standard Inductors
- Pin-to-Pin Compatible with LM2576

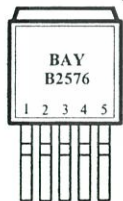
Applications

- Efficient Pre-Regulator for Linear Regulators
- On-card Switching Regulators
- Positive to Negative Converter (Buck-Boost)
- Simple High-efficiency Step-down (Buck)
- Portable Instruments

Pin Connection



TO-263-5 Package



Top View

- 1) V_{IN}
- 2) V_{OUT}
- 3) GND
- 4) FB
- 5) ON/OFF

TO-220-5 Package



Top View

- 1) V_{IN}
- 2) V_{OUT}
- 3) GND
- 4) FB
- 5) ON/OFF

Ordering Information

Devices	Package	Temp.
LM2576T-X	TO-220	-40 °C to 125 °C
LM2576S-X	TO-263	-40°C to 125 °C
LM2576J-X	LPDD	-40°C to 125 °C

X= Output Voltage (X=3.3V, 5.0V, 12V, 15V or Blank for Adjustable)
Consult factory for other fixed voltages.

Absolute Maximum Rating

Parameter	Symbol	Value	Unit
Maximum Input Voltage	V_{IN}	45	V
Power Dissipation	P_O	Internally Limited	W
Off Pin Input Voltage		$-0.3V < V < V_{IN}$	
Output Voltage		-1	V
Supply Voltage		40	V
Operating Junction Temperature Range Control Section Power Transistor	T_J	$-40 < T_J < 85$	°C
Storage Temperature Range	T_{STG}	-65 to 150	
Lead Temperature (Soldering 10 Sec.)	T_{LEAD}	260	

ELECTRICAL CHARACTERISTICS $T_A = 25^\circ\text{C}$ $V_{IN} = 12\text{V}$, $I_{LOAD} = 100\text{mA}$ unless otherwise specified.

Boldface type applies over full Operating Temperature Range.

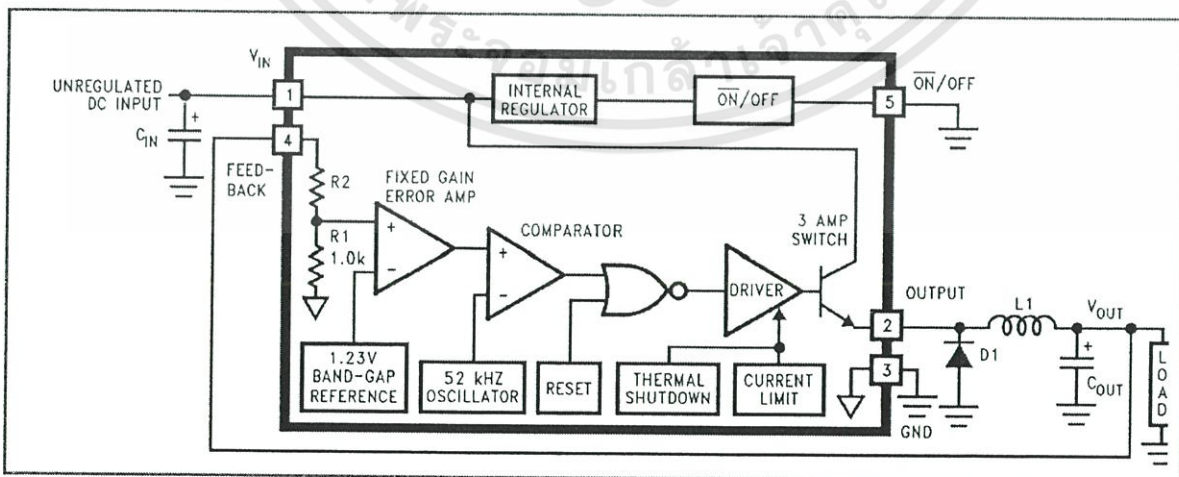
Parameter	Conditions	LM2576			Units
		Typ	Min	Max	
Adjustable Regulators (Note 3)(Note 8)					
Output Voltage (V_{OUT})	$V_{IN} = 12\text{V}$, $I_{LOAD} = 0.5\text{A}$, $V_{OUT} = 5\text{V}$	1.230	1.217	1.243	V
	$0.5\text{A} \leq I_{LOAD} \leq 3\text{A}$, $6\text{V} \leq V_{IN} \leq 40\text{V}$, $V_{OUT} = 5\text{V}$	1.230 1.230	1.193 1.180	1.267 1.280	V
Efficiency (Note 7)	$V_{IN} = 12\text{V}$, $I_{LOAD} = 3\text{A}$, $V_{OUT} = 5\text{V}$	82			%
3.3V Version (Note 3)(Note 9)					
Output Voltage (V_{OUT})	$V_{IN} = 12\text{V}$, $I_{LOAD} = 0.5\text{A}$, $V_{OUT} = 3.3\text{V}$	3.3	3.234	3.366	V
	$0.5\text{A} \leq I_{LOAD} \leq 3\text{A}$, $6\text{V} \leq V_{IN} \leq 40\text{V}$, $V_{OUT} = 3.3\text{V}$	3.3	3.168	3.432	V
		3.3	3.135	3.465	V
Efficiency	$V_{IN} = 12\text{V}$, $I_{LOAD} = 3\text{A}$	75			%
5V Version (Note 3)(Note 9)					
Output Voltage (V_{OUT})	$V_{IN} = 12\text{V}$, $I_{LOAD} = 0.5\text{A}$, $V_{OUT} = 5\text{V}$	5.0	4.900	5.100	V
	$0.5\text{A} \leq I_{LOAD} \leq 3\text{A}$, $8\text{V} \leq V_{IN} \leq 40\text{V}$, $V_{OUT} = 5\text{V}$	5.0	4.800	5.200	V
		5.0	4.750	5.250	V
Efficiency (Note 7)	$V_{IN} = 12\text{V}$, $I_{LOAD} = 3\text{A}$, $V_{OUT} = 5\text{V}$	82			%
12V Version (Note 3)(Note 9)					
Output Voltage (V_{OUT})	$V_{IN} = 25\text{V}$, $I_{LOAD} = 0.5\text{A}$, $V_{OUT} = 12\text{V}$	12	11.760	12.240	V
	$0.5\text{A} \leq I_{LOAD} \leq 3\text{A}$, $15\text{V} \leq V_{IN} \leq 40\text{V}$, $V_{OUT} = 12\text{V}$	12	11.520	12.480	V
		12	11.400	12.600	V
Efficiency (Note 7)	$V_{IN} = 25\text{V}$, $I_{LOAD} = 3\text{A}$	88			%
15V Version (Note 3)(Note 9)					
Output Voltage (V_{OUT})	$V_{IN} = 30\text{V}$, $I_{LOAD} = 0.5\text{A}$, $V_{OUT} = 15\text{V}$	15	14.700	15.300	V
	$0.5\text{A} \leq I_{LOAD} \leq 3\text{A}$, $18\text{V} \leq V_{IN} \leq 40\text{V}$, $V_{OUT} = 15\text{V}$	15	14.400	15.600	V
		15	14.250	15.750	V
Efficiency (Note 7)	$V_{IN} = 30\text{V}$, $I_{LOAD} = 3\text{A}$	88			%

LM2576

ELECTRICAL CHARACTERISTICS $T_A = 25^\circ\text{C}$ $V_{IN} = 12\text{V}$, $I_{LOAD} = 100\text{mA}$ unless otherwise specified.
Boldface type applies over full Operating Temperature Range.

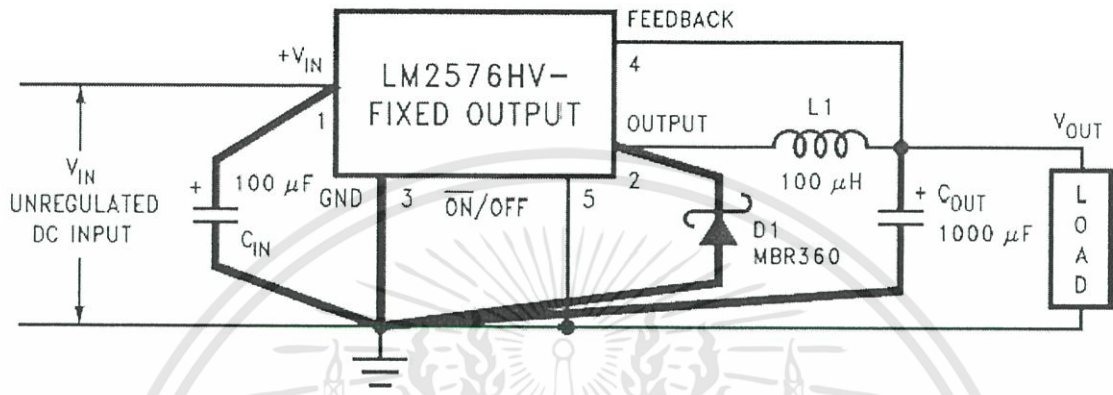
Parameters	Conditions	LM2576			Units
		Typ	Min	Max	
Adjustable Regulator					
Feedback Bias Current	$V_{OUT} = 5\text{V}$	50		100 500	nA
Fixed and Adjustable Regulators					
Oscillator Frequency		52	47 42	58 63	kHz
Saturation Voltage	$I_{OUT} = 0.5\text{A}$, (Note 4)	1.4		1.8 2.0	V
Max Duty Cycle	(Note 5)	98	93		%
Current Limit	Peak Current, $t_{ON} \leq 3\mu\text{s}$, (Note 4)	5.8	4.2 3.5	6.9 7.5	A
Output Leakage Current	V_{IN} , (Note 6), Output = 0V (Note 6), Output = -1V	7.5		2 30	mA
Quiescent Current	(Note 6)	5		10	mA
Standby Quiescent Current	ON/OFF Pin = 5V (OFF)	50		200	μA
Thermal Resistance	T,U package, Junction to Ambient, (Note 7)	65			$^\circ\text{C/W}$
	T,U package, Junction to case	2			
ON/OFF Control, Fixed & Adjustable Regulators (Note 8) (Note 9)					
OFF Input Level	$V_{OUT} = 0\text{V}$	1.4	2.2 2.4		V
ON Input Level	$V_{OUT} = 15\text{V}$ or 5V	1.2		1.0 0.8	V
OFF Logic Current	ON/OFF Pin = 5V (OFF)	4		30	μA
ON Logic Current	ON/OFF Pin = 0V (ON)	0.01		10	μA

- Note 1: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate test conditions for which the device is intended to be functional, but do not guarantee specific performance limits. For guaranteed specifications and test conditions see the Electrical Characteristics.
 Note 2: All limits guaranteed at room temperature (standard type face) and at temperature extremes (bold type face). All room temperature limits are 100% production tested. All limits at temperature extremes are guaranteed via testing.
 Note 3: External components such as the diode, inductor and capacitor can affect the system performance.
 Note 4: Output (pin 2) sourcing current. No diode, inductor, or capacitor connected to input.
 Note 5: Feedback (pin 4) removed from output and connected to 0V.
 Note 6: Feedback (pin 4) removed from output and connected to 12V to force the output transistor OFF.
 Note 7: Junction to ambient thermal resistance with approximately 1 square inches of PC board copper surrounding the leads.
 Note 8: Test circuit refers to figure 2.
 Note 9: Test circuit refers to figure 3.



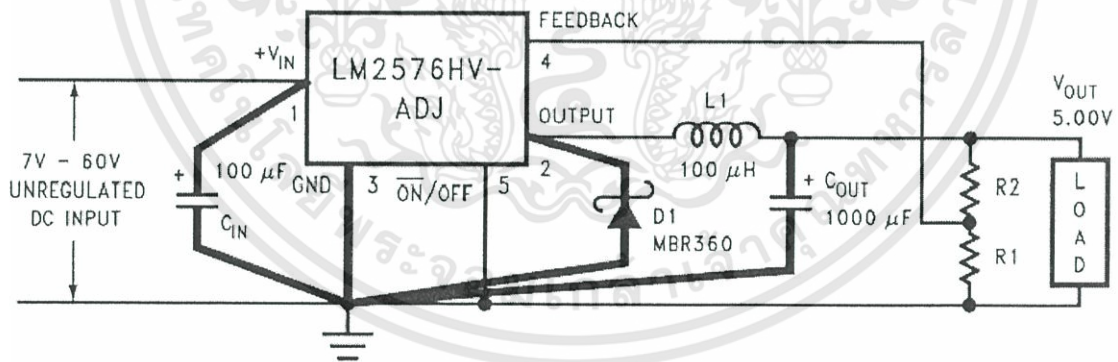
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fixed Output Voltage Versions



- C_{IN} — 100 μF , 75V, Aluminum Electrolytic
- C_{OUT} — 1000 μF , 25V, Aluminum Electrolytic
- D_1 — Schottky, MBR360
- L_1 — 100 μH , Pulse Eng. PE-92108
- R_* — 2k 0.1%

Adjustable Output Voltage Version



$$V_{OUT} = V_{REF} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

$$R_2 = R_1 \left(\frac{V_{OUT}}{V_{REF}} - 1 \right)$$

where $V_{REF} = 1.23\text{V}$, R_1 between 1k and 5k.

LM1577/LM2577 Series SIMPLE SWITCHER® Step-Up Voltage Regulator

General Description

The LM1577/LM2577 are monolithic integrated circuits that provide all of the power and control functions for step-up (boost), flyback, and forward converter switching regulators. The device is available in three different output voltage versions: 12V, 15V, and adjustable.

Requiring a minimum number of external components, these regulators are cost effective, and simple to use. Listed in this data sheet are a family of standard inductors and flyback transformers designed to work with these switching regulators.

Included on the chip is a 3.0A NPN switch and its associated protection circuitry, consisting of current and thermal limiting, and undervoltage lockout. Other features include a 52 kHz fixed-frequency oscillator that requires no external components, a soft start mode to reduce in-rush current during start-up, and current mode control for improved rejection of input voltage and output load transients.

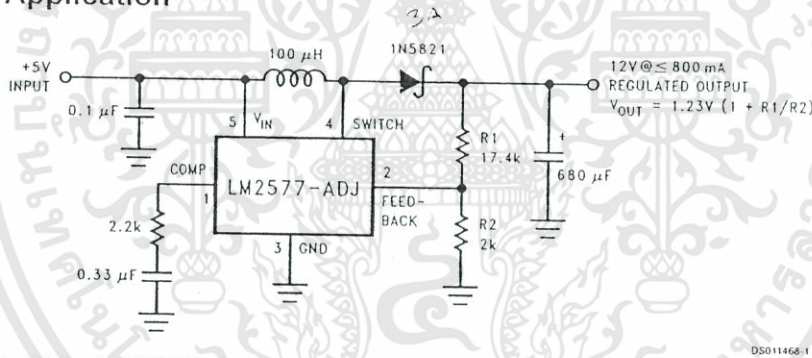
Features

- Requires few external components
- NPN output switches 3.0A, can stand off 65V
- Wide input voltage range: 3.5V to 40V
- Current-mode operation for improved transient response, line regulation, and current limit
- 52 kHz internal oscillator
- Soft-start function reduces in-rush current during start-up
- Output switch protected by current limit, under-voltage lockout, and thermal shutdown

Typical Applications

- Simple boost regulator
- Flyback and forward regulators
- Multiple-output regulator

Typical Application



Note: Pin numbers shown are for TO-220 (T) package.

Ordering Information

Temperature Range	Package Type	Output Voltage			NSC Package Drawing	Package
		12V	15V	ADJ		
-40°C ≤ T _A ≤ +125°C	24-Pin Surface Mount	LM2577M-12	LM2577M-15	LM2577M-ADJ	M24B	SO
	16-Pin Molded DIP	LM2577N-12	LM2577N-15	LM2577N-ADJ	N16A	N
	5-Lead Surface Mount	LM2577S-12	LM2577S-15	LM2577S-ADJ	TS5B	TO-263
	5-Straight Leads	LM2577T-12	LM2577T-15	LM2577T-ADJ	T05A	TO-220
	5-Bent Staggered Leads	LM2577T-12 Flow LB03	LM2577T-15 Flow LB03	LM2577T-ADJ Flow LB03	T05D	TO-220
-55°C ≤ T _A ≤ +150°C	4-Pin TO-3	LM1577K-12/883	LM1577K-15/883	LM1577K-ADJ/883	K04A	TO-3

SIMPLE SWITCHER® is a registered trademark of National Semiconductor Corporation.

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

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

Supply Voltage	45V
Output Switch Voltage	65V
Output Switch Current (Note 2)	6.0A
Power Dissipation	Internally Limited
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering, 10 sec.)	260°C
Maximum Junction Temperature	150°C

Minimum ESD Rating

(C = 100 pF, R = 1.5 kΩ)

2 kV

Operating Ratings

Supply Voltage	$3.5V \leq V_{IN} \leq 40V$
Output Switch Voltage	$0V \leq V_{SWITCH} \leq 60V$
Output Switch Current	$I_{SWITCH} \leq 3.0A$
Junction Temperature Range	
LM1577	$-55^\circ C \leq T_J \leq +150^\circ C$
LM2577	$-40^\circ C \leq T_J \leq +125^\circ C$

Electrical Characteristics—LM1577-12, LM2577-12

Specifications with standard type face are for $T_J = 25^\circ C$, and those in bold type face apply over full Operating Temperature Range. Unless otherwise specified, $V_{IN} = 5V$, and $I_{SWITCH} = 0$.

Symbol	Parameter	Conditions	Typical	LM1577-12 Limit (Notes 3, 4)	LM2577-12 Limit (Note 5)	Units (Limits)
SYSTEM PARAMETERS Circuit of Figure 1 (Note 6)						
V_{OUT}	Output Voltage	$V_{IN} = 5V$ to 10V $I_{LOAD} = 100$ mA to 800 mA (Note 3)	12.0	11.60/11.40 12.40/12.60	11.60/11.40 12.40/12.60	V V(min) V(max)
$\frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta V_{IN}}$	Line Regulation	$V_{IN} = 3.5V$ to 10V $I_{LOAD} = 300$ mA	20	50/100	50/100	mV mV(max)
$\frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta I_{LOAD}}$	Load Regulation	$V_{IN} = 5V$ $I_{LOAD} = 100$ mA to 800 mA	20	50/100	50/100	mV mV(max)
η	Efficiency	$V_{IN} = 5V$, $I_{LOAD} = 800$ mA	80	50/100	50/100	%
DEVICE PARAMETERS						
I_S	Input Supply Current	$V_{FEEDBACK} = 14V$ (Switch Off)	7.5	10.0/14.0	10.0/14.0	mA mA(max)
		$I_{SWITCH} = 2.0A$ $V_{COMP} = 2.0V$ (Max Duty Cycle)	25	50/85	50/85	mA mA(max)
V_{UV}	Input Supply Undervoltage Lockout	$I_{SWITCH} = 100$ mA	2.90	2.70/2.65 3.10/3.15	2.70/2.65 3.10/3.15	V V(min) V(max)
		Measured at Switch Pin $I_{SWITCH} = 100$ mA	52	48/42 56/62	48/42 56/62	kHz kHz(min) kHz(max)
V_{REF}	Output Reference Voltage	Measured at Feedback Pin $V_{IN} = 3.5V$ to 40V $V_{COMP} = 1.0V$	12	11.76/11.64 12.24/12.36	11.76/11.64 12.24/12.36	V V(min) V(max)
		$V_{IN} = 3.5V$ to 40V	7			mV
R_{FB}	Feedback Pin Input Resistance		9.7			kΩ
G_M	Error Amp Transconductance	$I_{COMP} = -30$ μA to +30 μA $V_{COMP} = 1.0V$	370	225/145 515/615	225/145 515/615	μmho μmho(min) μmho(max)
		$V_{COMP} = 1.1V$ to 1.9V $R_{COMP} = 1.0$ MΩ (Note 7)	80	50/25	50/25	V/V V/V(min)

Electrical Characteristics — LM1577-12, LM2577-12 (Continued)

Specifications with standard type face are for $T_J = 25^\circ\text{C}$, and those in bold type face apply over full Operating Temperature Range. Unless otherwise specified, $V_{IN} = 5\text{V}$, and $I_{SWITCH} = 0$.

Symbol	Parameter	Conditions	Typical	LM1577-12 Limit (Notes 3, 4)	LM2577-12 Limit (Note 5)	Units (Limits)
DEVICE PARAMETERS						
	Error Amplifier Output Swing	Upper Limit	2.4			V
		$V_{FEEDBACK} = 10.0\text{V}$		2.2/2.0	2.2/2.0	V(min)
		Lower Limit	0.3			V
		$V_{FEEDBACK} = 15.0\text{V}$		0.40/0.55	0.40/0.55	V(max)
	Error Amplifier Output Current	$V_{FEEDBACK} = 10.0\text{V}$ to 15.0V	± 200			μA
		$V_{COMP} = 1.0\text{V}$		$\pm 130/\pm 90$	$\pm 130/\pm 90$	$\mu\text{A}(\text{min})$
				$\pm 300/\pm 400$	$\pm 300/\pm 400$	$\mu\text{A}(\text{max})$
I_{SS}	Soft Start Current	$V_{FEEDBACK} = 10.0\text{V}$	5.0			μA
		$V_{COMP} = 0\text{V}$		2.5/1.5	2.5/1.5	$\mu\text{A}(\text{min})$
D	Maximum Duty Cycle	$V_{COMP} = 1.5\text{V}$	95			%
		$I_{SWITCH} = 100\text{ mA}$		93/90	93/90	%(min)
$\frac{\Delta I_{SWITCH}}{\Delta V_{COMP}}$	Switch Transconductance		12.5			A/V
I_L	Switch Leakage Current	$V_{SWITCH} = 65\text{V}$	10			μA
		$V_{FEEDBACK} = 15\text{V}$ (Switch Off)		300/600	300/600	$\mu\text{A}(\text{max})$
V_{SAT}	Switch Saturation Voltage	$I_{SWITCH} = 2.0\text{A}$	0.5			V
		$V_{COMP} = 2.0\text{V}$ (Max Duty Cycle)		0.7/0.9	0.7/0.9	V(max)
	NPN Switch Current Limit		4.5			A
				3.7/3.0	3.7/3.0	A(min)
				5.3/6.0	5.3/6.0	A(max)

Electrical Characteristics — LM1577-15, LM2577-15

Specifications with standard type face are for $T_J = 25^\circ\text{C}$, and those in bold type face apply over full Operating Temperature Range. Unless otherwise specified, $V_{IN} = 5\text{V}$, and $I_{SWITCH} = 0$.

Symbol	Parameter	Conditions	Typical	LM1577-15 Limit (Notes 3, 4)	LM2577-15 Limit (Note 5)	Units (Limits)
SYSTEM PARAMETERS Circuit of Figure 2 (Note 6)						
V_{OUT}	Output Voltage	$V_{IN} = 5\text{V}$ to 12V	15.0			V
		$I_{LOAD} = 100\text{ mA}$ to 600 mA (Note 3)		14.50/14.25	14.50/14.25	V(min)
$\frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta V_{IN}}$	Line Regulation	$V_{IN} = 3.5\text{V}$ to 12V	20			mV
		$I_{LOAD} = 300\text{ mA}$		50/100	50/100	mV(max)
$\frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta I_{LOAD}}$	Load Regulation	$V_{IN} = 5\text{V}$	20			mV
		$I_{LOAD} = 100\text{ mA}$ to 600 mA		50/100	50/100	mV(max)
η	Efficiency	$V_{IN} = 5\text{V}$, $I_{LOAD} = 600\text{ mA}$	80			%
DEVICE PARAMETERS						
I_S	Input Supply Current	$V_{FEEDBACK} = 18.0\text{V}$ (Switch Off)	7.5			mA
		$I_{SWITCH} = 2.0\text{A}$	25	10.0/14.0	10.0/14.0	mA(max)
		$V_{COMP} = 2.0\text{V}$ (Max Duty Cycle)		50/85	50/85	mA(max)
V_{UV}	Input Supply	$I_{SWITCH} = 100\text{ mA}$	2.90			V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics—LM1577-15, LM2577-15 (Continued)

Specifications with standard type face are for $T_J = 25^\circ\text{C}$, and those in bold type face apply over full Operating Temperature Range. Unless otherwise specified, $V_{IN} = 5\text{V}$, and $I_{SWITCH} = 0$.

Symbol	Parameter	Conditions	Typical	LM1577-15 Limit (Notes 3, 4)	LM2577-15 Limit (Note 5)	Units (Limits)
DEVICE PARAMETERS						
	Undervoltage Lockout			2.70/2.65 3.10/3.15	2.70/2.65 3.10/3.15	V(min) V(max)
f_o	Oscillator Frequency	Measured at Switch Pin $I_{SWITCH} = 100\text{ mA}$	52	48/42 56/62	48/42 56/62	kHz kHz(min) kHz(max)
V_{REF}	Output Reference Voltage	Measured at Feedback Pin $V_{IN} = 3.5\text{V to }40\text{V}$ $V_{COMP} = 1.0\text{V}$	15	14.70/14.55 15.30/15.45	14.70/14.55 15.30/15.45	V V(min) V(max)
$\frac{\Delta V_{REF}}{\Delta V_{IN}}$	Output Reference Voltage Line Regulation	$V_{IN} = 3.5\text{V to }40\text{V}$	10			mV
R_{FB}	Feedback Pin Input Voltage Line Regulator		12.2			k Ω
G_M	Error Amp Transconductance	$I_{COMP} = -30\text{ }\mu\text{A to }+30\text{ }\mu\text{A}$ $V_{COMP} = 1.0\text{V}$	300	170/110 420/500	170/110 420/500	μmho $\mu\text{mho}(\text{min})$ $\mu\text{mho}(\text{max})$
A_{VOL}	Error Amp Voltage Gain	$V_{COMP} = 1.1\text{V to }1.9\text{V}$ $R_{COMP} = 1.0\text{ M}\Omega$ (Note 7)	65	40/20	40/20	V/V V/V(min)
	Error Amplifier Output Swing	Upper Limit $V_{FEEDBACK} = 12.0\text{V}$	2.4	2.2/2.0	2.2/2.0	V V(min)
		Lower Limit $V_{FEEDBACK} = 18.0\text{V}$	0.3	0.4/0.55	0.40/0.55	V V(max)
	Error Amp Output Current	$V_{FEEDBACK} = 12.0\text{V to }18.0\text{V}$ $V_{COMP} = 1.0\text{V}$	± 200	$\pm 130/\pm 90$ $\pm 300/\pm 400$	$\pm 130/\pm 90$ $\pm 300/\pm 400$	μA $\mu\text{A}(\text{min})$ $\mu\text{A}(\text{max})$
I_{SS}	Soft Start Current	$V_{FEEDBACK} = 12.0\text{V}$ $V_{COMP} = 0\text{V}$	5.0	2.5/1.5 7.5/9.5	2.5/1.5 7.5/9.5	μA $\mu\text{A}(\text{min})$ $\mu\text{A}(\text{max})$
D	Maximum Duty Cycle	$V_{COMP} = 1.5\text{V}$ $I_{SWITCH} = 100\text{ mA}$	95	93/90	93/90	% %(min)
$\frac{\Delta I_{SWITCH}}{\Delta V_{COMP}}$	Switch Transconductance		12.5			A/V
I_L	Switch Leakage Current	$V_{SWITCH} = 65\text{V}$ $V_{FEEDBACK} = 18.0\text{V}$ (Switch Off)	10	300/600	300/600	μA $\mu\text{A}(\text{max})$
V_{SAT}	Switch Saturation Voltage	$I_{SWITCH} = 2.0\text{A}$ $V_{COMP} = 2.0\text{V}$ (Max Duty Cycle)	0.5	0.7/0.9	0.7/0.9	V V(max)
	NPN Switch Current Limit	$V_{COMP} = 2.0\text{V}$	4.3	3.7/3.0 5.3/6.0	3.7/3.0 5.3/6.0	A A(min) A(max)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics—LM1577-ADJ, LM2577-ADJ

Specifications with standard type face are for $T_J = 25^\circ\text{C}$, and those in bold type face apply over full Operating Temperature Range. Unless otherwise specified, $V_{IN} = 5\text{V}$, $V_{FEEDBACK} = V_{REF}$, and $I_{SWITCH} = 0$.

Symbol	Parameter	Conditions	Typical	LM1577-ADJ Limit (Notes 3, 4)	LM2577-ADJ Limit (Note 5)	Units (Limits)
SYSTEM PARAMETERS Circuit of Figure 3 (Note 6)						
V_{OUT}	Output Voltage	$V_{IN} = 5\text{V to }10\text{V}$ $I_{LOAD} = 100\text{ mA to }800\text{ mA}$ (Note 3)	12.0	11.60/11.40 12.40/12.60	11.60/11.40 12.40/12.60	V V(min) V(max)
$\Delta V_{OUT}/\Delta V_{IN}$	Line Regulation	$V_{IN} = 3.5\text{V to }10\text{V}$ $I_{LOAD} = 300\text{ mA}$	20	50/100	50/100	mV mV(max)
$\Delta V_{OUT}/\Delta I_{LOAD}$	Load Regulation	$V_{IN} = 5\text{V}$ $I_{LOAD} = 100\text{ mA to }800\text{ mA}$	20	50/100	50/100	mV mV(max)
η	Efficiency	$V_{IN} = 5\text{V}$, $I_{LOAD} = 800\text{ mA}$	80			%
DEVICE PARAMETERS						
I_S	Input Supply Current	$V_{FEEDBACK} = 1.5\text{V}$ (Switch Off)	7.5	10.0/14.0	10.0/14.0	mA mA(max)
		$I_{SWITCH} = 2.0\text{A}$ $V_{COMP} = 2.0\text{V}$ (Max Duty Cycle)	25	50/85	50/85	mA mA(max)
V_{UV}	Input Supply Undervoltage Lockout	$I_{SWITCH} = 100\text{ mA}$	2.90	2.70/2.65 3.10/3.15	2.70/2.65 3.10/3.15	V V(min) V(max)
f_O	Oscillator Frequency	Measured at Switch Pin $I_{SWITCH} = 100\text{ mA}$	52	48/42 56/62	48/42 56/62	kHz kHz(min) kHz(max)
V_{REF}	Reference Voltage	Measured at Feedback Pin $V_{IN} = 3.5\text{V to }40\text{V}$ $V_{COMP} = 1.0\text{V}$	1.230	1.214/1.206 1.246/1.254	1.214/1.206 1.246/1.254	V V(min) V(max)
$\Delta V_{REF}/\Delta V_{IN}$	Reference Voltage Line Regulation	$V_{IN} = 3.5\text{V to }40\text{V}$	0.5			mV
I_B	Error Amp Input Bias Current	$V_{COMP} = 1.0\text{V}$	100	300/800	300/800	nA nA(max)
G_M	Error Amp Transconductance	$I_{COMP} = -30\text{ }\mu\text{A to }+30\text{ }\mu\text{A}$ $V_{COMP} = 1.0\text{V}$	3700	2400/1600 4800/5800	2400/1600 4800/5800	μmho μmho (min) μmho (max)
A_{VOL}	Error Amp Voltage Gain	$V_{COMP} = 1.1\text{V to }1.9\text{V}$ $R_{COMP} = 1.0\text{ M}\Omega$ (Note 7)	800	500/250	500/250	V/V V/V(min)
	Error Amplifier Output Swing	Upper Limit $V_{FEEDBACK} = 1.0\text{V}$ Lower Limit $V_{FEEDBACK} = 1.5\text{V}$	2.4	2.2/2.0	2.2/2.0	V V(min) V(max)
	Error Amp Output Current	$V_{FEEDBACK} = 1.0\text{V to }1.5\text{V}$ $V_{COMP} = 1.0\text{V}$	± 200	$\pm 130/\pm 90$ $\pm 300/\pm 400$	$\pm 130/\pm 90$ $\pm 300/\pm 400$	μA μA (min) μA (max)
I_{SS}	Soft Start Current	$V_{FEEDBACK} = 1.0\text{V}$ $V_{COMP} = 0\text{V}$	5.0	2.5/1.5 7.5/9.5	2.5/1.5 7.5/9.5	μA μA (min) μA (max)
D	Maximum Duty Cycle	$V_{COMP} = 1.5\text{V}$ $I_{SWITCH} = 100\text{ mA}$	95	93/90	93/90	% %(min)
$\Delta I_{SWITCH}/\Delta V_{COMP}$	Switch Transconductance		12.5			A/V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics—LM1577-ADJ, LM2577-ADJ (Continued)

Specifications with standard type face are for $T_J = 25^\circ\text{C}$, and those in bold type face apply over full Operating Temperature Range. Unless otherwise specified, $V_{IN} = 5\text{V}$, $V_{FEEDBACK} = V_{REF}$, and $I_{SWITCH} = 0$.

Symbol	Parameter	Conditions	Typical	LM1577-ADJ Limit (Notes 3, 4)	LM2577-ADJ Limit (Note 5)	Units (Limits)
DEVICE PARAMETERS						
I_L	Switch Leakage Current	$V_{SWITCH} = 65\text{V}$ $V_{FEEDBACK} = 1.5\text{V}$ (Switch Off)	10	300/600	300/600	μA $\mu\text{A}(\text{max})$
V_{SAT}	Switch Saturation Voltage	$I_{SWITCH} = 2.0\text{A}$ $V_{COMP} = 2.0\text{V}$ (Max Duty Cycle)	0.5	0.7/0.9	0.7/0.9	V V(max)
	NPN Switch Current Limit	$V_{COMP} = 2.0\text{V}$	4.3	3.7/3.0 5.3/6.0	3.7/3.0 5.3/6.0	A A(min) A(max)
THERMAL PARAMETERS (All Versions)						
θ_{JA}	Thermal Resistance	K Package, Junction to Ambient	35			°C/W
θ_{JC}		K Package, Junction to Case	1.5			
θ_{JA}		T Package, Junction to Ambient	65			
θ_{JC}		T Package, Junction to Case	2			
θ_{JA}		N Package, Junction to Ambient (Note 8)	85			
θ_{JA}		M Package, Junction to Ambient (Note 8)	100			
θ_{JA}		S Package, Junction to Ambient (Note 9)	37			

Note 1: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating ratings indicate conditions the device is intended to be functional, but device parameter specifications may not be guaranteed under these conditions. For guaranteed specifications and test conditions, see the Electrical Characteristics.

Note 2: Due to timing considerations of the LM1577/LM2577 current limit circuit, output current cannot be internally limited when the LM1577/LM2577 is used as a step-up regulator. To prevent damage to the switch, its current must be externally limited to 5.0A. However, output current is internally limited when the LM1577/LM2577 is used as a flyback or forward converter regulator in accordance to the Application Hints.

Note 3: All limits guaranteed at room temperature (standard type face) and at temperature extremes (boldface type). All limits are used to calculate Outgoing Quality Level, and are 100% production tested.

Note 4: A military RETS electrical test specification is available on request. At the time of printing, the LM1577K-12/883, LM1577K-15/883, and LM1577K-ADJ/883 RETS specifications complied fully with the boldface limits in these columns. The LM1577K-12/883, LM1577K-15/883, and LM1577K-ADJ/883 may also be procured to Standard Military Drawing specifications.

Note 5: All limits guaranteed at room temperature (standard type face) and at temperature extremes (boldface type). All room temperature limits are 100% production tested. All limits at temperature extremes are guaranteed via correlation using standard Statistical Quality Control (SQC) methods.

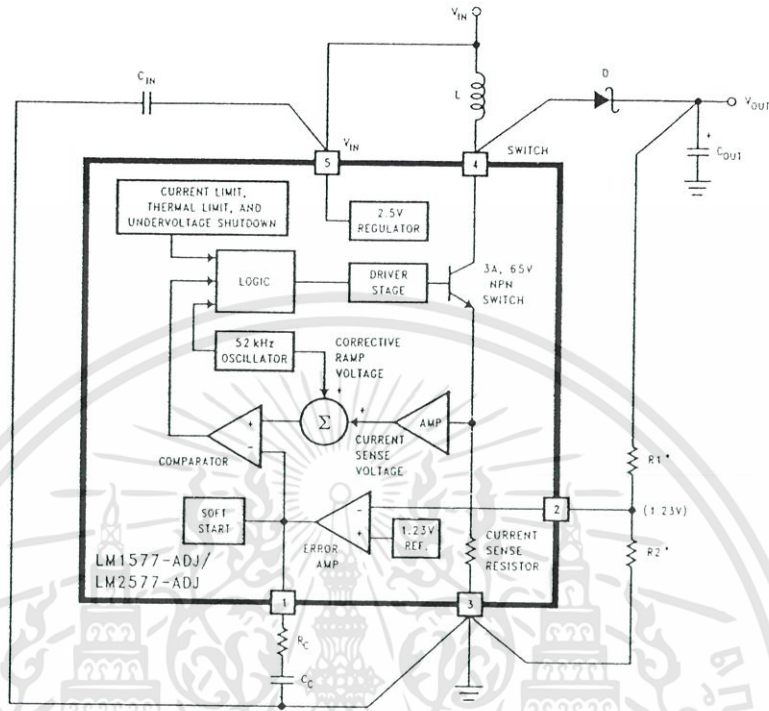
Note 6: External components such as the diode, inductor, input and output capacitors can affect switching regulator performance. When the LM1577/LM2577 is used as shown in the Test Circuit, system performance will be as specified by the system parameters.

Note 7: A 1.0 M Ω resistor is connected to the compensation pin (which is the error amplifier's output) to ensure accuracy in measuring A_{VOL} . In actual applications, this pin's load resistance should be $\geq 10\text{ M}\Omega$, resulting in A_{VOL} that is typically twice the guaranteed minimum limit.

Note 8: Junction to ambient thermal resistance with approximately 1 square inch of pc board copper surrounding the leads. Additional copper area will lower thermal resistance further. See thermal model in "Switchers Made Simple" software.

Note 9: If the TO-263 package is used, the thermal resistance can be reduced by increasing the PC board copper area thermally connected to the package. Using 0.5 square inches of copper area, θ_{JA} is 50°C/W; with 1 square inch of copper area, θ_{JA} is 37°C/W; and with 1.6 or more square inches of copper area, θ_{JA} is 32°C/W.

Application Hints



Note: Pin numbers shown are for TO-220 (T) package

*Resistors are internal to LM1577/LM2577 for 12V and 15V versions.

FIGURE 4. LM1577/LM2577 Block Diagram and Boost Regulator Application

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Designer's™ Data Sheet Axial Lead Rectifiers

... employing the Schottky Barrier principle in a large area metal-to-silicon power diode. State-of-the-art geometry features chrome barrier metal, epitaxial construction with oxide passivation and metal overlap contact. Ideally suited for use as rectifiers in low-voltage, high-frequency inverters, free wheeling diodes, and polarity protection diodes.

- Extremely Low v_f
- Low Power Loss/High Efficiency
- Low Stored Charge, Majority Carrier Conduction

Mechanical Characteristics:

- Case: Epoxy, Molded
- Weight: 1.1 gram (approximately)
- Finish: All External Surfaces Corrosion Resistant and Terminal Leads are Readily Solderable
- Lead and Mounting Surface Temperature for Soldering Purposes: 220°C Max. for 10 Seconds, 1/16" from case
- Shipped in plastic bags, 5,000 per bag
- Available Tape and Reeled, 1500 per reel, by adding a "RL" suffix to the part number
- Polarity: Cathode indicated by Polarity Band
- Marking: 1N5820, 1N5821, 1N5822

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	1N5820	1N5821	1N5822	Unit
Peak Repetitive Reverse Voltage Working Peak Reverse Voltage DC Blocking Voltage	V_{RRM} V_{RWM} V_R	20	30	40	V
Non-Repetitive Peak Reverse Voltage	V_{RSM}	24	36	48	V
RMS Reverse Voltage	$V_{R(RMS)}$	14	21	28	V
Average Rectified Forward Current (2) $V_{R(equiv)} \leq 0.2 V_{R(dc)}$, $T_L = 95^\circ\text{C}$ ($R_{\theta JA} = 28^\circ\text{C/W}$, P.C. Board Mounting, see Note 2)	I_O	← 3.0 →			A
Ambient Temperature Rated $V_{R(dc)}$, $PF(AV) = 0$ $R_{\theta JA} = 28^\circ\text{C/W}$	T_A	90	85	80	°C
Non-Repetitive Peak Surge Current (Surge applied at rated load conditions, half wave, single phase 60 Hz, $T_L = 75^\circ\text{C}$)	I_{FSM}	← 80 (for one cycle) →			A
Operating and Storage Junction Temperature Range (Reverse Voltage applied)	T_J, T_{stg}	← -65 to +125 →			°C
Peak Operating Junction Temperature (Forward Current applied)	$T_{J(pk)}$	← 150 →			°C

*THERMAL CHARACTERISTICS (Note 2)

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	28	°C/W

(1) Pulse Test: Pulse Width = 300 μs , Duty Cycle = 2.0%.

(2) Lead Temperature reference is cathode lead 1/32" from case.

* Indicates JEDEC Registered Data for 1N5820-22.

Designer's Data for "Worst Case" Conditions — The Designer's Data Sheet permits the design of most circuits entirely from the information presented. SOA Limit curves — representing boundaries on device characteristics — are given to facilitate "worst case" design.

Preferred devices are Motorola recommended choices for future use and best overall value.

Rev 2

