



มาตรวัดความเร็วรอบแบบใช้แสง

OPTICAL TACHOMETER



นางสาวภัทสรสวรรค์ โล่พานิช รหัส 50361927

นางสาวอาภาวี สันติธรรม รหัส 50364928

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
จัดเก็บ 19 ส.ค. 2555
เลขทะเบียน 157.36675
เลขเรียกหนังสือ 2/6
มหาวิทยาลัยนเรศวร ๑389 2

2553

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
 ปีการศึกษา 2553

ชื่อหัวข้อโครงการ	มาตรวัดความเร็วรอบแบบใช้แสง
ผู้ดำเนินโครงการ	นางสาวภัศรสุวรรณ โล่พานิช รหัส 50361927
	นางสาวอาภาวี สันติธรรม รหัส 50364928
ที่ปรึกษาโครงการ	ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2553

บทคัดย่อ

ปริญาญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอโครงการเกี่ยวกับการสร้างมาตรวัดความเร็วรอบแบบใช้แสง แนวคิดในการดำเนินโครงการนี้มาจากมาตรวัดความเร็วรอบที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันนั้น โดยทั่วไปจะต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์เครื่องวัดเข้ากับแกนของมอเตอร์ในการวัดความเร็วรอบซึ่งถือเป็นความยุ่งยาก และเสียเวลา มาตรวัดความเร็วรอบแบบใช้แสงที่สร้างขึ้นในโครงการนี้ใช้ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เป็นส่วนประกอบของวงจรกำเนิดแสง โดยใช้ไดโอดเปล่งแสงเป็นตัวกำเนิดแสงและโฟโตทรานซิสเตอร์เป็นตัวรับแสง มาตรวัดความเร็วรอบมอเตอร์แบบใช้แสงนี้อาศัยหลักการสะท้อนกลับของแสงที่ไดโอดเปล่งแสงส่งผ่านไปยังแผ่นสติ๊กเกอร์สะท้อนแสงที่ติดอยู่กับแกนของมอเตอร์ โดยที่โฟโตทรานซิสเตอร์เป็นตัวรับสัญญาณแรงดัน 5 V ในกรณีที่มีแสงที่ส่งจากไดโอดเปล่งแสงไปสะท้อนกับแผ่นสติ๊กเกอร์สะท้อนแสงเข้าสู่โฟโตทรานซิสเตอร์ และในกรณีที่แสงส่องไปที่แกนในส่วนที่ไม่มีสติ๊กเกอร์สะท้อนแสงติดอยู่จะรับสัญญาณแรงดัน 0 V ผลที่ได้รับจะออกมาในรูปแบบของความถี่และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR หมายเลข ATmega328P ในการแปลงความถี่เทียบกับเวลา และแสดงผลผ่านจอแสดงผลในรูปแบบความเร็วรอบต่อนาที (rpm) เพิ่มความสะดวกในการใช้งาน โดยที่ส่วนของชุดตรวจวัดความเร็วรอบมอเตอร์ไม่ต้องต่อเข้ากับแกนของมอเตอร์

Project title Optical Tachometer

Name Miss Passawan Lopanich ID. 50361927

 Miss Arparwee Santitum ID. 50364928

Project advisor Mr. Niphat Jantharamin, Ph.D.

Major Electrical Engineering

Department Electrical and Computer Engineering

Academic year 2010

Abstract

This thesis presents design and construction of an optical tachometer. This project arose from the idea that the most tachometers currently used are to be attached to the shaft or touch the rotor of the machine, and therefore causes difficulty using the device. On the other hand, optical tachometers, in general, are convenient but still expensive. The optical tachometer developed in this project uses simple electronic devices as a sensor, i.e. a light emitting diode as a light source and a phototransistor as a light receiver. The operating principle of this tachometer is based on light reflection from a reflective sticker attached to the motor shaft. When received the reflected light the phototransistor gives a dc voltage of 5 V otherwise it produces 0 V. The output voltage of the transistor has a constant frequency that is directly proportional to the rotational speed of the machine. Subsequently, an ATmega328P microcontroller processes the signal and displays the rotational speeds in 'revolution per minute' or rpm, for short.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาเป็นอย่างยิ่งจาก ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการและให้ความกรุณาในการตรวจทานปริญญาานิพนธ์ คณะผู้ดำเนินโครงการขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงและขอระลึกถึงความกรุณาของท่านไว้ตลอดไป

ขอขอบคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้กับคณะผู้ดำเนินงาน

ขอขอบคุณคุณเกรียงไกร มาศรังสรรค์ ที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมควบคุมมาตรวัดความเร็วรอบที่สร้างขึ้น

นอกจากนี้ยังต้องขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ที่ให้ยืมอุปกรณ์และเครื่องมือวัดมาใช้งาน จนทำให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้

เหนือสิ่งอื่นใด คณะผู้ดำเนินโครงการขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ ผู้มอบความรักความเมตตา สติปัญญา รวมทั้งเป็นผู้ให้ทุกสิ่งทุกอย่างตั้งแต่วัยเยาว์จวบจนถึงปัจจุบัน คอยเป็นกำลังใจทำให้ได้รับความสำเร็จอย่างทุกวันนี้และขอขอบคุณทุก ๆ คนในครอบครัวของคณะผู้ดำเนินโครงการที่ไม่ได้กล่าวไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นางสาวภัทสรพรรณ โล่พานิช

นางสาวอาภาวี สันติธรรม

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญาโท.....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	2
1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน.....	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.6 งบประมาณ.....	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 การวัดความเร็วรอบมอเตอร์.....	4
2.2 ส่วนตรวจจับสัญญาณ.....	5
2.2.1 ตัวกำเนิดแสง.....	5
2.2.2 ตัวสะท้อนแสง.....	6
2.2.3 ตัวรับแสง.....	6
2.3 ส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์.....	8
2.3.1 หน่วยประมวลผลกลาง.....	8
2.3.2 ภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์.....	8
2.3.3 ส่วนแสดงผล.....	9

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 การสร้างมาตรฐานวัดความเร็วรอบแบบใช้แสง.....	10
3.1 การสร้างส่วนตรวจจับสัญญาณ.....	11
3.1.1 เลือกชนิดตัวตรวจจับสัญญาณ.....	11
3.1.2 เลือกตัวสะท้อนสัญญาณ.....	12
3.1.3 เลือกขนาดไดโอดเปล่งแสง.....	13
3.1.4 เพิ่มระยะการตรวจจับสัญญาณ.....	15
3.1.5 ทดสอบความสามารถในการตรวจจับความถี่.....	16
3.1.6 เลือกสีไดโอดเปล่งแสง.....	18
3.2 การสร้างส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์.....	20
3.2.1 สร้างวงจรควบคุม.....	21
3.2.2 เขียนโปรแกรม.....	21
3.3 ประกอบชิ้นงาน.....	23
บทที่ 4 ผลการทดสอบ.....	25
4.1 ทดสอบความสามารถในการวัด.....	25
4.2 หาขนาดสติกเกอร์สะท้อนแสงที่มีผลต่อการวัดความเร็วรอบ.....	27
4.2.1 การทดลองเมื่อใช้ความกว้างเป็นเกณฑ์.....	27
4.2.2 การทดลองเมื่อใช้ความยาวเป็นเกณฑ์.....	30
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	33
5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ.....	33
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข.....	34
5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อไป.....	34
เอกสารอ้างอิง.....	36

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ก โปรแกรมควบคุมมาตรวัดความเร็วรอบแบบใช้แสง	37
ภาคผนวก ข รายละเอียดของจอแสดงผล	45
ภาคผนวก ค รายละเอียดของไอซีหมายเลข ATmega 328P.....	47
ภาคผนวก ง รายละเอียดของทรานซิสเตอร์หมายเลข BC549C.....	51
ภาคผนวก จ รายละเอียดของทรานซิสเตอร์หมายเลข LM7805.....	56
ประวัติผู้ดำเนินโครงการ.....	63



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ความเร็วรอบมอเตอร์ที่วัดได้เมื่อใช้ความกว้างของสติกเกอร์สะท้อนแสงเป็นเกณฑ์.....	29
4.2 ความเร็วรอบมอเตอร์ที่วัดได้เมื่อใช้ความยาวของสติกเกอร์สะท้อนแสงเป็นเกณฑ์.....	32



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 ส่วนประกอบของมาตรวัดความเร็วรอบมอเตอร์แบบใช้แสง.....	1
2.1 การตรวจจับสัญญาณของตัวตรวจจับ.....	4
2.2 ส่วนประกอบของมาตรวัดความเร็วรอบมอเตอร์โดยใช้แสง.....	5
2.3 ไดโอดเปล่งแสง.....	6
2.4 สัญลักษณ์โฟโต้ไดโอด.....	6
2.5 สัญลักษณ์โฟโต้ทรานซิสเตอร์.....	7
2.6 จอแสดงผลแอลซีดีแบบอักษร.....	9
2.7 จอแสดงผลแบบจุดกราฟฟิก.....	9
3.1 ผังขั้นตอนการดำเนินงาน.....	10
3.2 ตัวตรวจจับแสงชนิด TCRT5000L.....	11
3.3 วงจรตรวจจับสัญญาณ.....	12
3.4 กราฟการตอบสนองของตัวตรวจจับสัญญาณสองชนิด.....	12
3.5 กราฟเปรียบเทียบความสามารถของตัวสะท้อนสัญญาณ.....	13
3.6 การทดลองเพื่อเลือกขนาดไดโอดเปล่งแสง.....	14
3.7 กราฟแรงดันและระยะเมื่อใช้ไดโอดเปล่งแสงขนาดต่าง ๆ.....	14
3.8 วงจรตรวจจับสัญญาณ.....	15
3.9 การทดลองเพิ่มระยะตรวจจับสัญญาณ.....	16
3.10 กราฟเปรียบเทียบระยะก่อนและหลังเพิ่มระยะตรวจจับสัญญาณ.....	16
3.11 การทดสอบความสามารถในการตรวจจับความถี่.....	17
3.12 กราฟเสถียรเมื่อป้อนความถี่ 50 Hz ให้ไดโอดเปล่งแสงสีแดงที่ระยะ 38 cm.....	17
3.13 กราฟเริ่มไม่เสถียรเมื่อป้อนความถี่ 50 Hz ให้ไดโอดเปล่งแสงสีแดงที่ระยะ 39.8 cm.....	18
3.14 กราฟความสามารถในการตรวจจับความถี่.....	18
3.15 การทดลองเลือกสีไดโอดเปล่งแสง.....	19
3.16 กราฟเปรียบเทียบความสามารถในการตรวจจับสัญญาณ.....	20
3.17 กราฟเปรียบเทียบระยะตรวจจับสัญญาณ.....	20
3.18 ลายวงจรควบคุม.....	21
3.19 การโปรแกรมไอซีหมายเลข ATmega328P.....	22

สารบัญรูป (ต่อ)

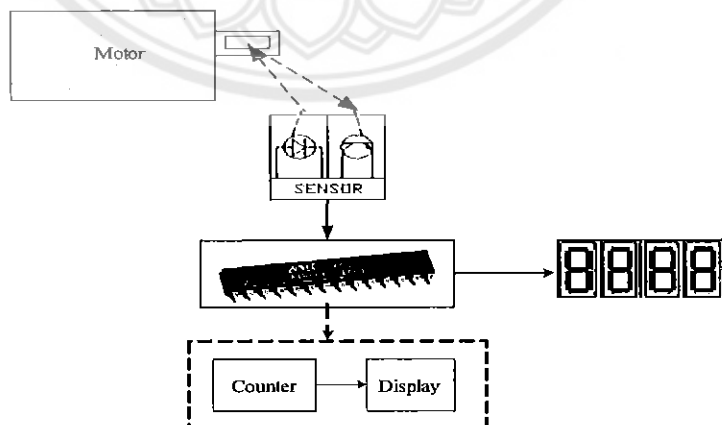
รูปที่	หน้า
3.20 แผงวงจรควบคุม.....	23
3.21 สวิตช์ของมาตรวัดความเร็วรอบแบบใช้แสง.....	24
3.22 มาตรวัดความเร็วรอบแบบใช้แสงสำเร็จ.....	24
4.1 มาตรวัดความเร็วรอบ	26
4.2 การวัดความเร็วรอบมอเตอร์แบบติดใบพัด.....	26
4.3 กราฟเปรียบเทียบค่าความเร็วรอบที่วัดได้.....	27
4.4 การทดลองเมื่อใช้ความกว้างของสติกเกอร์เป็นเกณฑ์.....	28
4.5 การทดลองเมื่อใช้สติกเกอร์ขนาด 1.2×0.1 cm.....	28
4.6 ผลการวัดความเร็วรอบเมื่อใช้ความกว้างของสติกเกอร์เป็นเกณฑ์.....	30
4.7 การทดลองเมื่อใช้สติกเกอร์ขนาด 0.1×2.0 cm.....	31
4.8 ผลการวัดความเร็วรอบเมื่อใช้ความยาวของสติกเกอร์เป็นเกณฑ์.....	32
5.1 แนวทางแก้ไข โดยติดใบพัดกับมอเตอร์.....	34

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

มาตรวัดความเร็วรอบที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันนั้น โดยทั่วไปจะต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์เครื่องวัดเข้ากับแกนของมอเตอร์ เพื่อทำการวัดความเร็วรอบมอเตอร์ โดยการแปลงจากความเร็วรอบของมอเตอร์ออกเป็นระดับแรงดันไฟฟ้าแล้วจึงเทียบเป็นจำนวนรอบต่อนาที หรืออาจใช้หลักการอื่นๆที่สามารถแปลงออกมาในรูปของแรงดันหรือกระแสเมื่อเทียบกับเวลา เช่น การใช้เซ็นเซอร์ที่ตอบสนองต่อแสงสีต่าง ๆ ซึ่งอาศัยการสะท้อนกลับของแสงที่ตกกระทบแผ่นสะท้อนแสง แสงจะสะท้อนกลับมายังตัวรับ คือ โฟโตทรานซิสเตอร์ ซึ่งจะยอมให้กระแสไหลผ่านตัวมันเองและทำให้เกิดคลื่นสัญญาณความถี่ตามการเคลื่อนที่ตัดผ่านแสงของแผ่นสะท้อน แล้วนับสัญญาณความถี่ที่ได้เทียบกับเวลา เพื่อแปลงออกมาเป็นความเร็วรอบ ถ้าหากใช้เซ็นเซอร์เป็นเครื่องมือในการวัดความเร็วรอบของมอเตอร์จะทำให้มาตรวัดมีราคาสูง ทำให้เกิดแนวความคิดในการสร้างมาตรวัดความเร็วรอบของมอเตอร์โดยใช้แสง โดยอาศัยหลักการสะท้อนกลับของแสง ดังที่กล่าวมาแล้วเป็นตัวอย่างสัญญาณ ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนตรวจจับสัญญาณ ส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งส่วนของชุดตรวจวัดความเร็วรอบมอเตอร์ไม่ต้องต่อเข้ากับเพลลาของมอเตอร์ดังแสดงในรูปที่ 1.1 ทำให้สะดวกและลดความยุ่งยากในการติดตั้งมาตรวัดความเร็วรอบเข้ากับตัวของมอเตอร์ที่จะทำการวัด



รูปที่ 1.1 ส่วนประกอบของมาตรวัดความเร็วรอบมอเตอร์แบบใช้แสง

ที่มา: <http://eestaff.kku.ac.th>

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อสร้างมาตรวัดความเร็วรอบแบบใช้แสง (Optical tachometer) โดยใช้หลักการสะท้อนกลับของแสง

1.3 ขอบเขตของโครงการ

ทำการศึกษาและสร้างมาตรวัดความเร็วรอบของมอเตอร์ โดยอาศัยหลักการสะท้อนกลับของแสงโดยใช้ไดโอดเปล่งแสงเป็นตัวกำเนิดแสงเพื่อให้สามารถวัดความเร็วรอบได้ 0-3000 rpm และสามารถแสดงผลได้ละเอียด 4 หลักโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวนับและแสดงผลออกทางตัวแสดงผล

1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน

รายละเอียด	ปี 2553							ปี 2554		
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1) ศึกษาทฤษฎีและรวบรวมข้อมูล	■	■								
2) ออกแบบวงจรตรวจจับสัญญาณ		■	■							
3) สร้างและทดสอบส่วนตรวจจับสัญญาณ			■	■						
4) ออกแบบวงจรควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์				■	■					
5) สร้างและทดสอบส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์					■	■				
6) ประกอบชิ้นงาน						■	■			
7) ทดสอบ ปรับปรุงและแก้ไขชิ้นงาน						■	■	■		
8) สรุปผลและจัดทำรูปเล่มปริิญาานิพนธ์								■	■	■

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

มาตรฐานวัดความเร็วรอบของมอเตอร์ที่สร้างขึ้นในโครงการสามารถนำไปใช้วัดความเร็วรอบของเครื่องจักรกลที่มีลักษณะการทำงานแบบหมุนได้ซึ่งใช้งานง่ายและมีความถูกต้องแม่นยำในการวัดความเร็วรอบ

1.6 งบประมาณ

1) ไขโอคปลั่งแสง	160 บาท
2) สติกเกอร์สะท้อนแสง	80 บาท
3) ไฟได้ทรานซิสเตอร์	120 บาท
4) ไมโครคอนโทรลเลอร์	490 บาท
5) จอแสดงผล	350 บาท
6) ค่าใช้จ่ายอื่นในการสร้างชิ้นงาน	500 บาท
7) ค่าถ่ายเอกสารและเข้าเล่มปริญญาบัตร	300 บาท
รวมทั้งสิ้น (สองพันบาทถ้วน)	<u>2,000</u> บาท
หมายเหตุ: ถัวเฉลี่ยทุกรายการ	

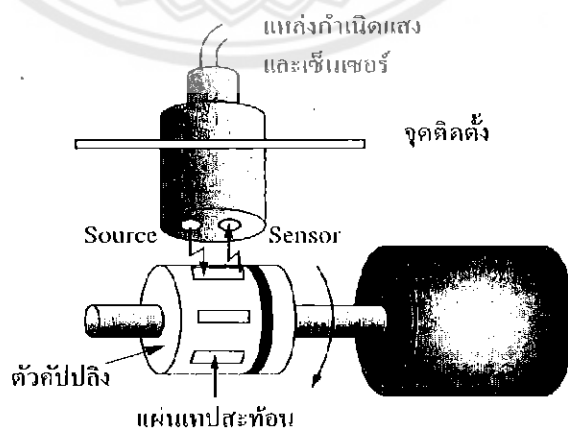
บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

มาตรวัดความเร็วรอบมอเตอร์แบบใช้แสง ใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เป็นส่วนประกอบของวงจรกำเนิดแสง โดยใช้ไดโอดเปล่งแสงเป็นตัวกำเนิดแสงและใช้โฟโตทรานซิสเตอร์เป็นตัวรับแสงมาตรวัดความเร็วรอบมอเตอร์แบบใช้แสงนี้อาศัยการสะท้อนกลับของแสงที่ไดโอดเปล่งแสง ส่งผ่านไปยังแผ่นสะท้อนที่ติดอยู่บนเพลลาของมอเตอร์ โดยที่โฟโตทรานซิสเตอร์เป็นตัวรับจะได้ผลออกมาในรูปของความถี่และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการแปลงความถี่เทียบกับเวลาซึ่งแสดงผลออกมาที่จอแสดงผลในรูปความเร็วรอบต่อนาที โดยมีหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 การวัดความเร็วรอบมอเตอร์

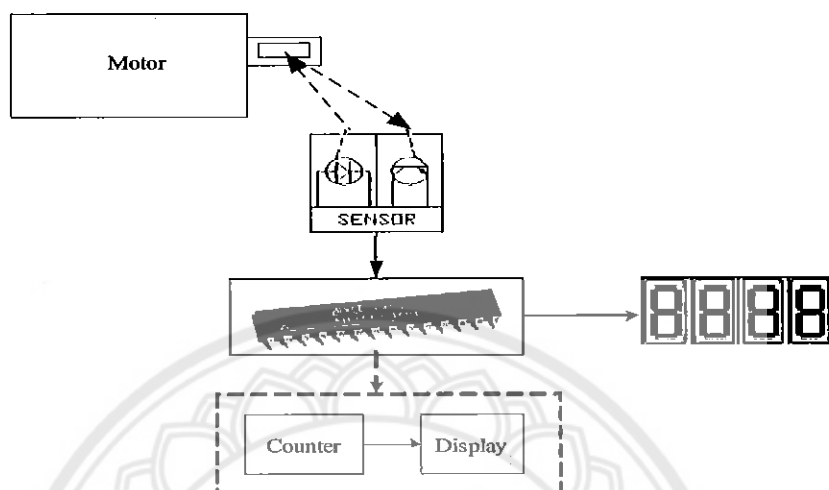
การทำงานของมาตรวัดความเร็วรอบแบบใช้แสงจะใช้เซ็นเซอร์ที่มีการตอบสนองต่อแสงสีต่าง ๆ เป็นส่วนตรวจจับสัญญาณ โดยที่แสงจะเป็นตัวสร้างสัญญาณออกมาในรูปลักษณะของแรงดัน หรือกระแส รูปที่ 2.1 แสดงถึงการสะท้อนกลับของแสงเมื่อตกกระทบแผ่นสะท้อนแสงแล้วแสงจะสะท้อนกลับเข้ามายังตัวรับซึ่งจะยอมให้กระแสไหลผ่านตัวมันเองเมื่อมีแสงตกกระทบ ทำให้เกิดคลื่นสัญญาณความถี่ตามการเคลื่อนที่ตัดผ่านแสงของแผ่นสะท้อนแล้วนับสัญญาณความถี่ที่ได้เทียบกับเวลา เพื่อแปลงออกมาเป็นความเร็วรอบของมอเตอร์



รูปที่ 2.1 การตรวจจับสัญญาณของตัวตรวจจับ

ที่มา: <http://eestaff.kku.ac.th>

สัญญาณที่ได้จากตัวตรวจจับสัญญาณจะส่งมายังส่วน ไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งทำการนับสัญญาณที่ได้เทียบกับเวลาเพื่อให้ได้ความเร็วรอบแล้วส่งไปที่จอแสดงผลเป็นค่าความเร็วรอบ ต่อมาที่แสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบของมาตรวัดความเร็วรอบมอเตอร์โดยใช้แสง

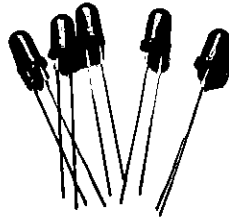
ที่มา: <http://eestaff.kku.ac.th>

2.2 ส่วนตรวจจับสัญญาณ

ส่วนตรวจจับสัญญาณประกอบด้วย ตัวกำเนิดแสง ตัวสะท้อนแสงและตัวรับแสงซึ่งมีหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.2.1 ตัวกำเนิดแสง

ไดโอดเปล่งแสง (Light-emitting diode: LED) เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำอย่างหนึ่ง จัดอยู่ในจำพวกไดโอดซึ่งสามารถเปล่งแสงออกมาได้ แสงที่เปล่งออกมาจากตัวไดโอดเปล่งแสงแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ แสงที่ตาคนมองเห็นซึ่งมีความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 380-750 nm และแสงอินฟราเรดมีความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 700 nm ถึง 1 mm [1] แสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ไดโอดเปล่งแสง

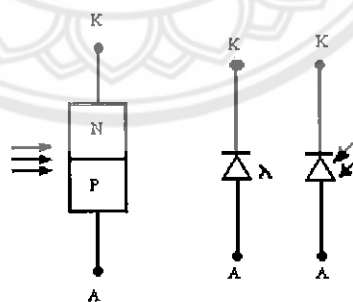
ที่มา: [http:// learners.in.th/blog/thanasate](http://learners.in.th/blog/thanasate)

2.2.2 ตัวสะท้อนแสง

ตัวสะท้อนแสงจะติดอยู่กับแกนมอเตอร์ โดยติดให้มีทั้งส่วนที่สะท้อนแสงและไม่สะท้อนแสงทำให้ตัวรับสามารถตรวจจับสัญญาณได้ เช่น กระจก กระจกฉายพรอยด์ หรือแผ่นสติกเกอร์สะท้อนแสง [2]

2.2.3 ตัวรับแสง

- 1) โฟโตไดโอด (Photodiode) เป็นอุปกรณ์เชิงแสงชนิดหนึ่ง ที่ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิดพีและสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น รอยต่อจะถูกห่อหุ้มด้วยวัสดุที่แสงผ่าน เมื่อมีแสงมาตกกระทบบที่บริเวณรอยต่อดังแสดงในรูปที่ 2.4 ถ้าแสงที่มาตกกระทบบมีความยาวคลื่นที่เหมาะสมจะมีกระแสไหลในวงจร โดยกระแสที่ไหลในวงจร จะแปรผกผันกับความเข้มของแสงที่มาตกกระทบบ ลักษณะทั่วไปขณะไบแอสตรง (Forward bias) จะยังคงเหมือนกับไดโอดธรรมดาคือยอมให้กระแสไหลผ่านได้ [1]

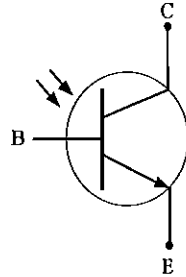


รูปที่ 2.4 สัญลักษณ์โฟโตไดโอด

ที่มา: <http://blmiacc.ac.th>

- 2) โฟโตทรานซิสเตอร์ (Phototransistor) ประกอบด้วยโฟโตไดโอดซึ่งจะต่ออยู่ระหว่างขาเบสกับคอลเลกเตอร์ของทรานซิสเตอร์ดังรูปที่ 2.5 กระแสที่เกิดขึ้นจาก

การเปลี่ยนแปลงของแสงจะถูกขยายด้วยทรานซิสเตอร์ ในการใช้งานโฟโตทรานซิสเตอร์ รอยต่อระหว่างเบส-อิมิตเตอร์จะต่อไบแอสย้อน (Reverse bias) ที่รอยต่อนี้เองเป็นส่วนที่ทำให้เกิดการแปลงค่ากระแสที่ขึ้นอยู่กับความเข้มแสง [1]



รูปที่ 2.5 สัญลักษณ์โฟโตทรานซิสเตอร์

ที่มา: <http://ca.digikay.com>

เมื่อไบแอสย้อนที่รอยต่อระหว่างเบสกับคอลเลกเตอร์ (Base-collector) และมีแสงตกกระทบที่บริเวณรอยต่อกระแสอันเนื่องจากแสง (I_p) จะถูกขยายด้วยอัตราขยายของทรานซิสเตอร์เป็นกระแสอิมิตเตอร์ (I_E) และถ้าไบแอสตรงที่ขามเบสด้วยกระแสเบส (I_B) จากภายนอกก็จะถูกขยายรวมกับกระแสเนื่องจากแสง (I_p) ด้วย [7]

ถ้าให้

$$I_p = \text{กระแสที่เกิดขึ้นเนื่องจากแสง}$$

$$I_B = \text{กระแสเบสที่มาจากภายนอก}$$

$$I_E = \text{กระแสอิมิตเตอร์}$$

$$h_{fe} = \text{อัตราขยายของทรานซิสเตอร์}$$

$$\text{จากสมการของทรานซิสเตอร์} \quad I_C = h_{fe} \times I_B \quad (2.1)$$

$$\text{จะได้} \quad I_E = I_C + (I_B \times I_p) \quad (2.2)$$

$$\text{และ} \quad I_E = I_C + (I_B \times I_p)h_{fe} + I_B \quad (2.3)$$

จากสมการที่ (2.3) จะเห็นได้ว่ากระแส I_E เปลี่ยนแปลงตามกระแส I_p ด้วยอัตราขยายถึง $h_{fe}+1$ เท่าซึ่งถ้า I_p มีค่าเปลี่ยนแปลงจาก 1-10 mA และทำให้ h_{fe} มีค่าประมาณ 100 จะได้ค่า I_E เปลี่ยนแปลงจาก 100 mA ถึง 1 mA อัตราขยายกระแสยิ่งสูงจะทำให้ผลตอบสนองต่อแสงจะไวขึ้น ค่า h_{fe} สูง ๆ จะต้องทำให้รอยต่อระหว่างเบสกับคอลเล็กเตอร์มีพื้นที่มาก แต่ก็ทำให้กระแสรั่วไหลสูงขึ้นด้วยเพราะรอยต่อจะถูกไบแอสย้อน

จากทฤษฎีเมื่อเปรียบเทียบโฟโตไดโอดกับโฟโตทรานซิสเตอร์ โฟโตทรานซิสเตอร์จะมีความไวต่อแสงมากกว่าประมาณ 100 เท่า แต่ในด้านความถี่ใช้งานสูงสุด สำหรับโฟโต

ทรานซิสเตอร์ (ประมาณ 200-300 kHz) จะใช้งานได้ที่ความถี่ต่ำกว่าโฟโต้ไดโอดหลายสิบเมกะเฮิรตซ์

2.3 ส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์

ส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการนับสัญญาณที่ได้เทียบกับเวลาเพื่อให้ได้ความเร็วรอบต่อวินาทีแล้วส่งค่าไปที่จอแสดงผล ซึ่งมีส่วนประกอบหลักที่ต้องพิจารณาเพื่อเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์มีดังนี้

2.3.1 หน่วยประมวลผลกลาง

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ แบบ 8 บิตตระกูลหนึ่งที่มีสถาปัตยกรรมแบบ RISC (Reduce instruction set computer) ภายในได้รวบรวมวงจรสนับสนุนการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งทำให้สามารถทำงานได้กว้างและใช้อุปกรณ์ต่อร่วมภายนอกน้อยมาก [3]

คุณลักษณะสำคัญของไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR

- 1) หน่วยความจำโปรแกรมแบบ FLASH ขนาด 32 Kbyte
- 2) หน่วยความจำข้อมูลแบบ SRAM ขนาด 2 Kbyte
- 3) หน่วยความจำข้อมูลแบบ EEPROM ขนาด 1 Kbyte
- 4) สนับสนุนการเชื่อมต่อแบบ I²c bus
- 5) พอร์ตอินพุตเอาต์พุตจำนวน 23 bit
- 6) วงจรสื่อสารอนุกรม
- 7) วงจรนับ/จับเวลาขนาด 8 bit จำนวน 2 ตัว และขนาด 16 bit จำนวน 1 ตัว
- 8) สนับสนุนช่องสัญญาณสำหรับการมอดูเลตความกว้างพัลส์ (Pulse Width Modulation: PWM) จำนวน 6 ช่องสัญญาณ
- 9) วงจรแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอลขนาด 10 bit ในตัวจำนวน 8 ช่อง
- 10) ทำงานได้ตั้งแต่วoltage แรงดัน 1.8-5.5 V
- 11) ความถี่ใช้งานสูงสุด 20 MHz

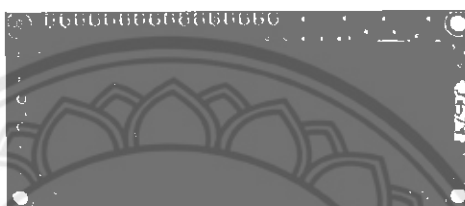
2.3.2 ภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์

เนื่องจากโครงงานนี้มีความซับซ้อนในเรื่องไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่มากนัก จึงเลือกใช้ภาษาซี ซึ่งเป็นภาษาพื้นฐานคอมพิวเตอร์ใช้สำหรับพัฒนาโปรแกรมทั่วไป โปรแกรมที่เขียนโดยภาษานั้นทำงานได้เร็วมีขนาดเล็กและสามารถเข้าถึงฮาร์ดแวร์ได้โดยตรง

2.3.3 ส่วนแสดงผล

จอแสดงผลเป็นส่วนแสดงค่าความเร็วรอบที่ได้จากส่วนตรวจจับสัญญาณและส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ จากการศึกษาพบว่าส่วนแสดงผลจะนิยมใช้จอแสดงผล 2 ชนิด คือ จอแสดงผลแอลซีดีแบบอักขระ (Text LCD display) และ โมดูลแอลซีดีแบบจุดกราฟฟิก (Graphic LCD modules)

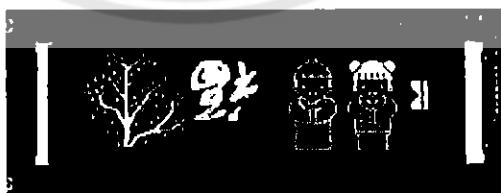
- 1) จอแสดงผลแอลซีดีแบบอักขระ เป็นจอแสดงผลโดยใช้ตัวอักษร มีหลากหลายขนาด เช่น ขนาด 16×2 บรรทัดแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 จอแสดงผลแอลซีดีแบบอักขระ

ที่มา: <http://www.tradekorea.com>

- 2) โมดูลแอลซีดีแบบจุดกราฟฟิก เป็นอุปกรณ์แผงแสดงผลตัวอักษรหรือตัวเลข เหมาะสำหรับงานแสดงผลการทำงานเป็นข้อความตัวอักษรหรือข้อความต่าง ๆ โดยที่จอแสดงผลจะเป็นจอกราฟฟิกซึ่งมีความละเอียดกว่าแบบ Text LCD display แสดงในรูปที่ 2.7



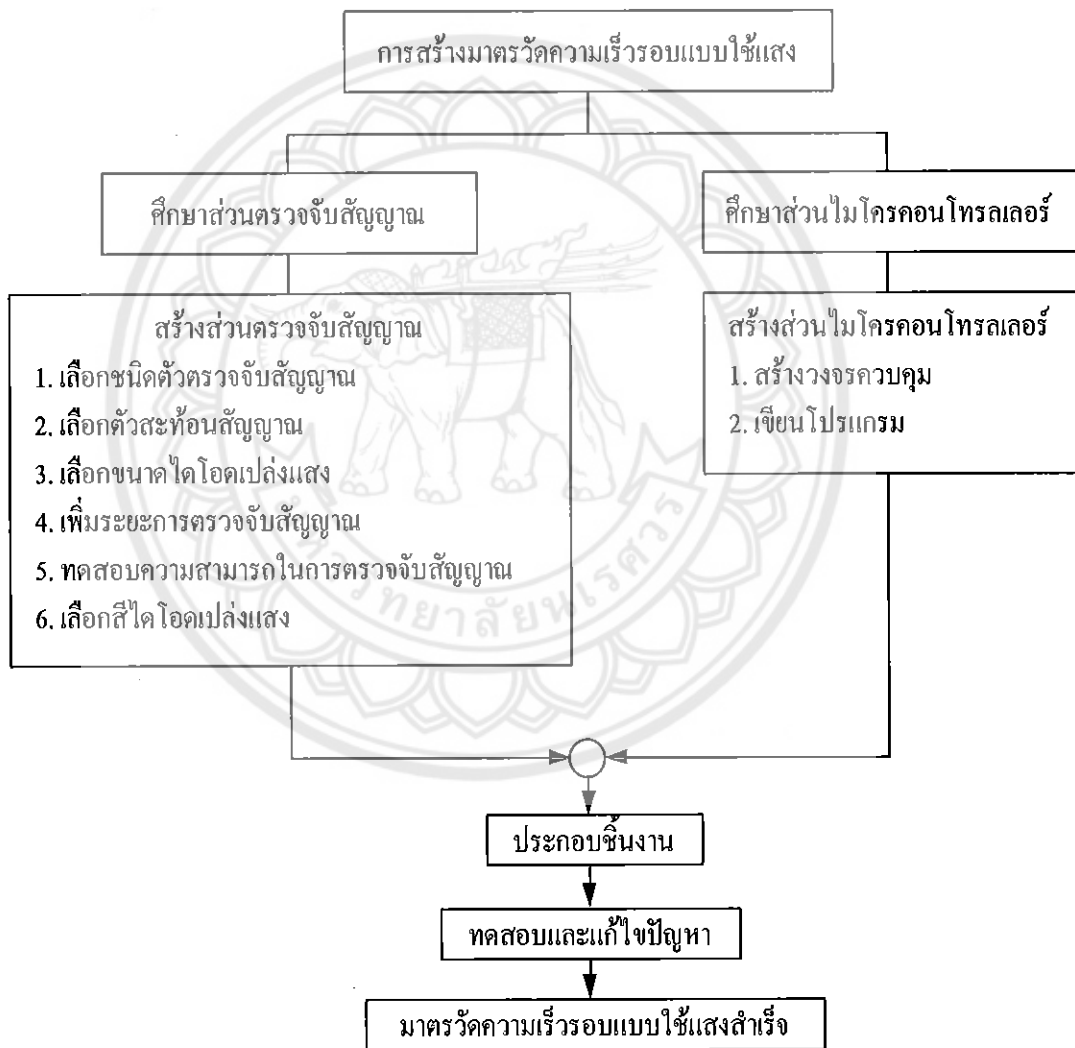
รูปที่ 2.7 จอแสดงผลแบบจุดกราฟฟิก

ที่มา: <http://www.orientdisplay.com>

บทที่ 3

การสร้างมาตรฐานวัดความเร็วรอบแบบใช้แสง

มาตรฐานวัดความเร็วรอบแบบใช้แสงประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนตรวจจับสัญญาณ และส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ ในการสร้างจึงต้องศึกษาและเข้าใจหลักการทำงานในบทที่ 2 ก่อน เมื่อสร้างทั้งสองส่วนแล้วจึงนำมาประกอบกันและทดสอบผลตามขั้นตอนดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ผังขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 การสร้างส่วนตรวจจับสัญญาณ

ส่วนตรวจจับสัญญาณเป็นส่วนสำคัญในการสร้างมาตรวัดความเร็วรอบแบบใช้แสง ในการสร้างจึงต้องมีการทดลองที่ครอบคลุม แบ่งเป็น 6 ส่วนดังรูปที่ 3.1 มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1.1 เลือกชนิดตัวตรวจจับสัญญาณ

ตัวตรวจจับสัญญาณประกอบด้วยตัวส่งสัญญาณและตัวรับสัญญาณ โดยเลือกใช้ ไดโอดเปล่งแสงกับหลอดอินฟราเรดเป็นตัวส่งสัญญาณและโฟโตทรานซิสเตอร์เป็นตัวรับสัญญาณ ในการทดลองจึงแบ่งตัวตรวจจับสัญญาณเป็น 2 ชนิด คือ ตัวตรวจจับสัญญาณชนิด TCRT5000L ซึ่งประกอบด้วยหลอดอินฟราเรดเป็นตัวส่งสัญญาณและโฟโตทรานซิสเตอร์เป็นตัวรับสัญญาณดังรูปที่ 3.2 และตัวตรวจจับสัญญาณที่ใช้ไดโอดเปล่งแสงเป็นตัวส่งสัญญาณกับโฟโตทรานซิสเตอร์เป็นตัวรับสัญญาณ

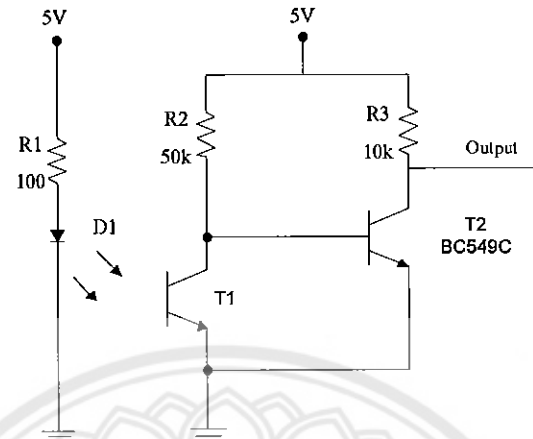


รูปที่ 3.2 ตัวตรวจจับแสงชนิด TCRT5000L

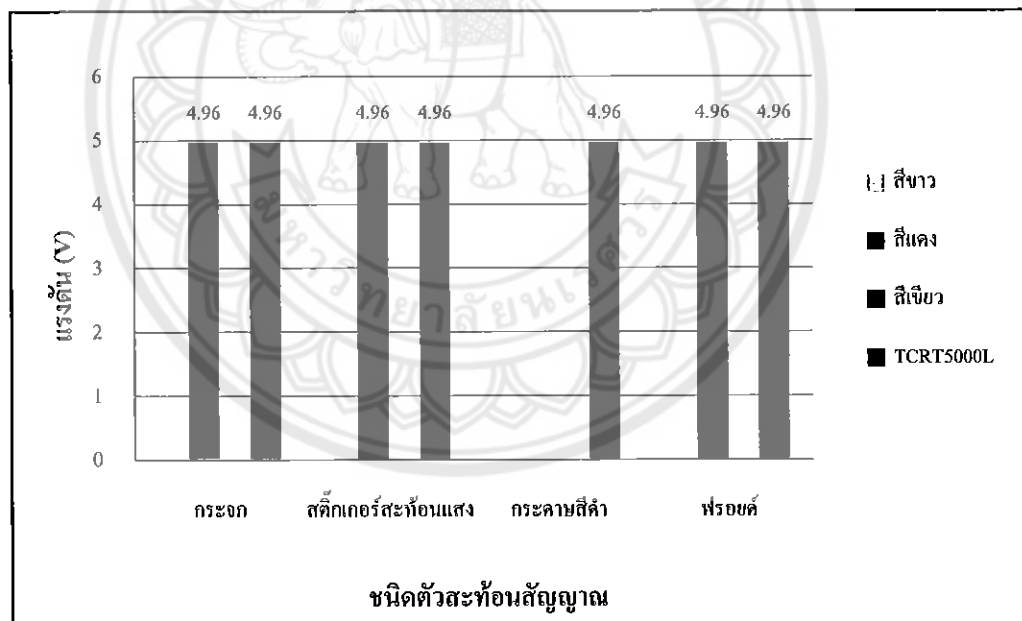
ที่มา: <http://www.AllDataSheet.com>

ในการทดลองจะใช้ตัวตรวจจับสัญญาณสองชนิดที่ต่างกัน คือ ตัวตรวจจับแสงชนิด TCRT5000L และตัวตรวจจับแสงที่ประกอบด้วยตัวส่ง คือ ไดโอดเปล่งแสงและตัวรับ คือ โฟโตทรานซิสเตอร์ โดยเลือกใช้สีขาว สีแดงและสีเขียว ขนาด 3 mm ในการทดลองใช้กระจก สติ๊กเกอร์สะท้อนแสง กระดาษสีดำและฟรอยด์เป็นตัวสะท้อนสัญญาณ นำตัวตรวจจับสัญญาณทั้งสองชนิดต่อวงจรดังรูปที่ 3.3 เมื่อใช้ตัวตรวจจับชนิด TCRT5000L จะพบว่าวงจรตรวจจับสัญญาณจะตรวจจับวัตถุทุกชนิดที่ตัดผ่าน วัดแรงดันเอาต์พุตได้ 4.96 V แต่เมื่อใช้ตัวตรวจจับสัญญาณชนิดที่ใช้ไดโอดเปล่งแสงเป็นตัวส่งสัญญาณและโฟโตทรานซิสเตอร์เป็นตัวรับสัญญาณจะเห็นว่าเมื่อใช้ไดโอดเปล่งแสงสีแดงสีเขียวเท่านั้นที่โฟโตทรานซิสเตอร์สามารถตรวจจับสัญญาณได้ วัดแรงดันเอาต์พุตได้ 4.96 V เมื่อใช้กระจก สติ๊กเกอร์สะท้อนแสงและฟรอยด์เป็นตัวสะท้อนสัญญาณ ซึ่งกราฟแสดงการเปรียบเทียบการตอบสนองของตัวตรวจจับสัญญาณสองชนิดแสดงดังรูปที่ 3.4 จึงสรุปได้ว่าตัวตรวจจับแสงที่ใช้ไดโอดเปล่งแสงเป็นตัวส่งสัญญาณและโฟโตทรานซิสเตอร์เป็น

ตัวรับสัญญาณดีกว่าตัวตรวจจับแสงชนิด TCRT5000L เพราะสนใจเฉพาะวัสดุที่มีคุณสมบัติในการสะท้อนแสงซึ่งตรงกับการนำไปใช้วัดความเร็วรอบมอเตอร์มากกว่า



รูปที่ 3.3 วงจรตรวจจับสัญญาณ

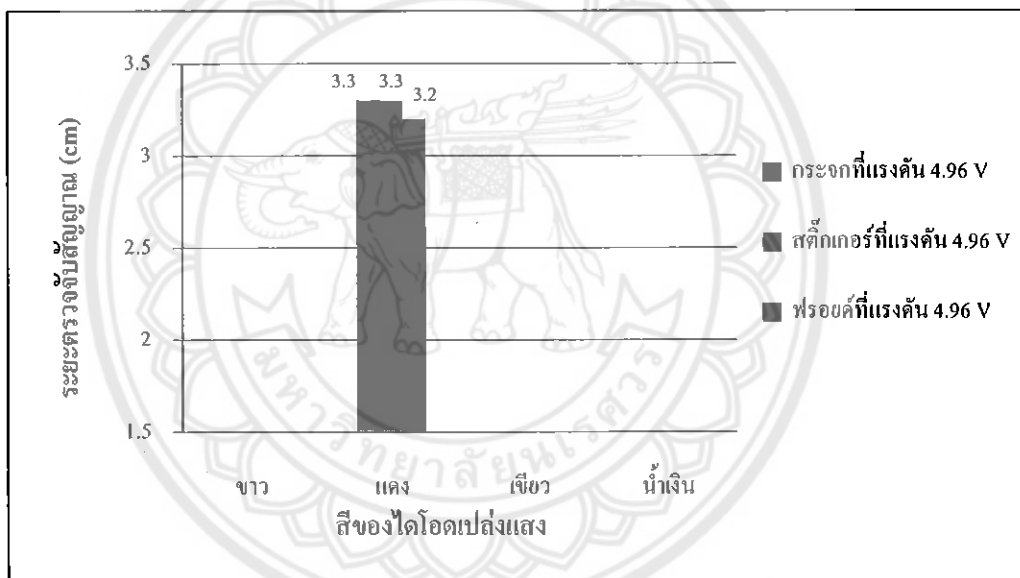


รูปที่ 3.4 กราฟการตอบสนองของตัวตรวจจับสัญญาณสองชนิด

3.1.2 เลือกตัวสะท้อนสัญญาณ

ตัวสะท้อนสัญญาณทำหน้าที่สะท้อนสัญญาณจากตัวส่งสัญญาณ หรือไดโอดเปล่งแสงไปยังตัวรับสัญญาณ หรือโฟโต้ทรานซิสเตอร์ ในการทดลองเลือกใช้กระจก สติกเกอร์สะท้อน

แสงและฟรอยด์เป็นตัวสะท้อนสัญญาณเนื่องจากมีคุณสมบัติสะท้อนแสงได้ดี ใช้ไดโอดเปล่งแสง สีขาว สีแดง สีเขียว สีนํ้าเงินและสีส้มเป็นตัวส่งสัญญาณ และใช้โฟโต้ทรานซิสเตอร์เป็นตัวรับสัญญาณต่อวงจรดังรูปที่ 3.3 ทำการวัดระยะและแรงดันโดยเลื่อนตัวตรวจจับสัญญาณออกจากตัวสะท้อนสัญญาณจนแรงดันสูงสุดลดลง โดยใช้ระยะก่อนแรงดันสูงสุดลดเป็นระยะตรวจจับสัญญาณ จะเห็นว่าเมื่อใช้ไดโอดเปล่งแสงสีแดงเป็นตัวส่งสัญญาณระยะที่วัดได้เมื่อใช้กระจกและสติ๊กเกอร์สะท้อนแสงเป็นตัวสะท้อนสัญญาณมีค่า 3.3 cm เมื่อใช้ฟรอยด์เป็นตัวสะท้อนสัญญาณมีค่า 3.2 cm ค่าแรงดันที่วัดได้เมื่อใช้ตัวสะท้อนสัญญาณทั้ง 3 ชนิด มีค่าเท่ากัน คือ 4.96 V ส่วนไดโอดเปล่งแสงสีอื่นไม่สามารถวัดค่าได้แสดงดังรูปที่ 3.5 จึงสรุปได้ว่าตัวสะท้อนสัญญาณทั้ง 3 ชนิดมีความสามารถในการสะท้อนสัญญาณเทียบเท่ากัน เพื่อความสะดวกในการใช้งานจึงเลือกใช้สติ๊กเกอร์สะท้อนแสงเป็นตัวสะท้อนสัญญาณ

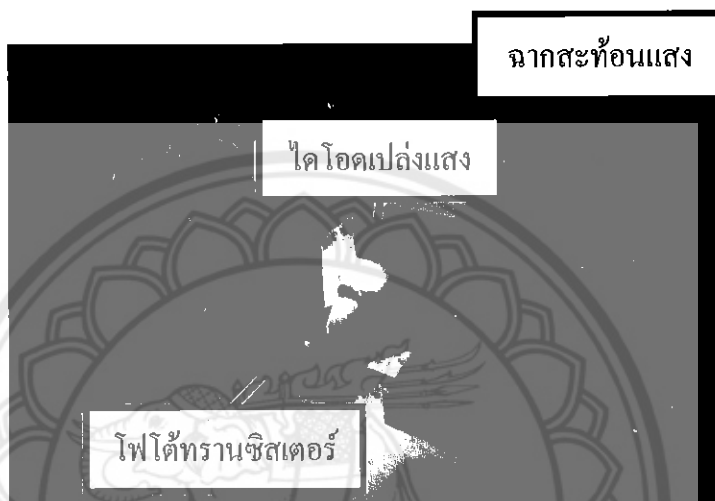


รูปที่ 3.5 กราฟเปรียบเทียบความสามารถของตัวสะท้อนสัญญาณ

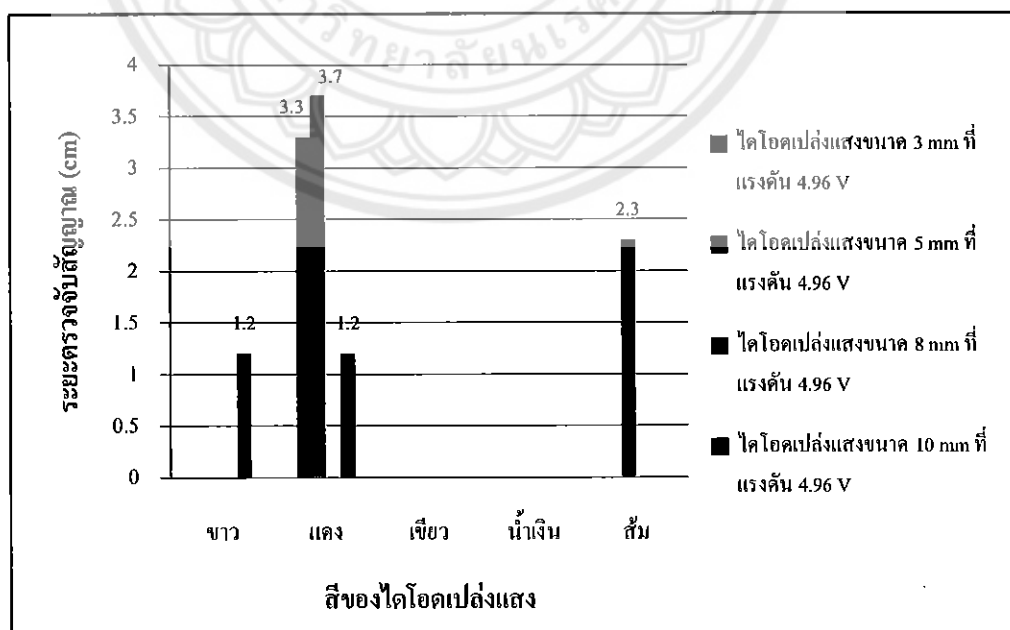
3.1.3 เลือกขนาดไดโอดเปล่งแสง

ไดโอดเปล่งแสงแต่ละขนาดมีความสามารถในการรวมแสงต่างกันซึ่งส่งผลต่อค่าความเข้มแสงและระยะที่ออกมาด้วย ในการทดลองดังรูปที่ 3.6 เลือกใช้ไดโอดเปล่งแสงสีขาว สีแดง สีเขียว สีนํ้าเงินและสีส้ม ซึ่งแต่ละสีเลือกใช้ 4 ขนาด คือ 3 mm 5 mm 8 mm และ 10 mm มาทดลองเมื่อต่อวงจรดังรูปที่ 3.3 วัดค่าแรงดันและระยะโดยเลื่อนตัวสะท้อนสัญญาณออกจากฉากสะท้อนแสงจนแรงดันสูงสุดลดลง โดยใช้ระยะก่อนแรงดันสูงสุดลดเป็นระยะตรวจจับสัญญาณ จะเห็นว่าเมื่อใช้ไดโอดเปล่งแสงขนาด 5 mm สามารถวัดระยะและแรงดันได้ที่ไดโอดเปล่งแสงสีแดง

และสีส้มซึ่งมีระยะ 3.7 cm และ 2.3 cm ตามลำดับ วัดแรงดันได้ 4.96 V เท่ากัน เมื่อใช้ไดโอดเปล่งแสงขนาด 10 mm สามารถวัดระยะและแรงดันได้ที่ไดโอดเปล่งแสงสีเขียวและสีแดง มีระยะ 1.2 cm และแรงดัน 4.96 V เท่ากัน ส่วนไดโอดเปล่งแสงขนาด 8 mm ไม่สามารถวัดค่าได้จากผลการทดลองดังรูปที่ 3.7 จะเห็นว่าไดโอดเปล่งแสงขนาด 5 mm มีระยะการตรวจจับไกลที่สุดเมื่อเทียบกับไดโอดเปล่งแสงขนาดอื่นจึงเลือกใช้ไดโอดเปล่งแสงขนาด 5 mm มาสร้างส่วนตรวจจับสัญญาณของมาตรวัดความเร็วรอบแบบใช้แสง



รูปที่ 3.6 การทดลองเพื่อเลือกขนาดไดโอดเปล่งแสง

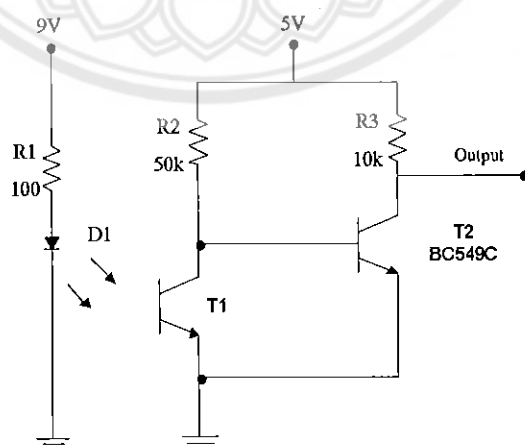


รูปที่ 3.7 กราฟแรงดันและระยะเมื่อใช้ไดโอดเปล่งแสงขนาดต่าง ๆ

3.1.4 เพิ่มระยะการตรวจจับสัญญาณ

มาตรวัดความเร็วรอบแบบใช้แสงถูกสร้างมาเพื่อใช้วัดความเร็วรอบมอเตอร์ซึ่งอาจมีอุปกรณ์ประกอบอยู่ เช่น ใบพัดและสายพาน ทำให้ไม่สะดวก หรือเป็นอันตรายได้ถ้าต้องการวัดใกล้ ๆ การเพิ่มระยะการตรวจจับสัญญาณจึงจำเป็นในการสร้างมาตรวัดความเร็วรอบแบบใช้แสง

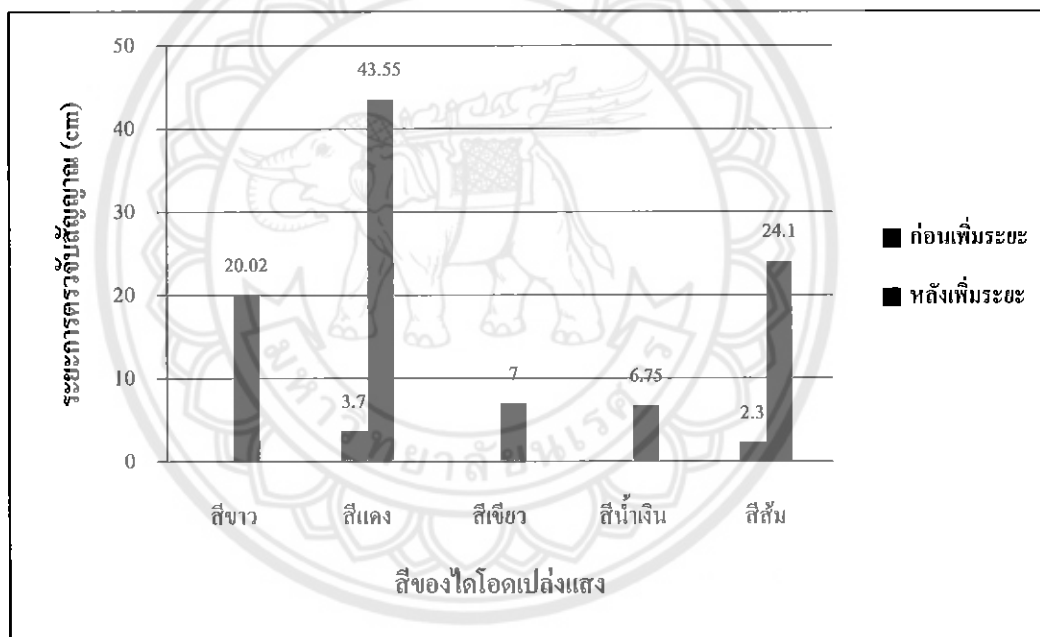
เมื่อต่อวงจรดังรูปที่ 3.8 โดยจ่ายแรงดันให้ไดโอดเปล่งแสง 9 V และใส่เลนส์นูนสองด้านเพิ่ม ดังรูปที่ 3.9 เพื่อช่วยรวมแสงของไดโอดเปล่งแสงที่ส่งออกมา เมื่อถูกฉากที่ติดสติ๊กเกอร์สะท้อนแสง แสงก็จะสะท้อนกลับไปโฟโต้ทรานซิสเตอร์ โดยแสงที่สะท้อนกลับจะผ่านเลนส์รวมแสงก่อนทำให้โฟโต้ทรานซิสเตอร์ตรวจจับแสงที่มีความเข้มแสงมากขึ้นที่ระยะเท่าเดิมเมื่อเทียบกับผลการทดลองที่ 3.1.3 พิจารณาเฉพาะไดโอดเปล่งแสงขนาด 5 mm ไดโอดเปล่งแสงสีแดง วัดระยะได้ 3.7 cm แรงดัน 4.96 V ไดโอดเปล่งแสงสีเขียววัดระยะได้ 2.3 cm และแรงดัน 4.96 V เท่ากัน เมื่อทำการทดลองเพิ่มระยะการตรวจจับสัญญาณจะเห็นว่าระยะและแรงดันสูงสุดที่วัดได้เพิ่มขึ้น กราฟเปรียบเทียบระยะก่อนและหลังเพิ่มระยะตรวจจับสัญญาณแสดงดังรูปที่ 3.10 ไดโอดเปล่งแสงสีแดงวัดระยะได้ 43.55 cm แรงดัน 5.003 V ไดโอดเปล่งแสงสีเขียววัดระยะได้ 24.1 cm แรงดัน 5.001 V ซึ่งนอกจากจะวัดระยะและแรงดันของไดโอดเปล่งแสงสีแดงและสีเขียวได้แล้วในการทดลองนี้ยังสามารถทำให้วัดค่าระยะและแรงดันของไดโอดเปล่งแสงสีอื่นได้อีกด้วย ไดโอดเปล่งแสงสีขาววัดระยะได้ 20.02 cm แรงดัน 5.002 V ไดโอดเปล่งแสงสีเงินวัดระยะได้ 7 cm แรงดัน 0.031 V และไดโอดเปล่งแสงสีน้ำเงินวัดระยะได้ 6.75 cm แรงดัน 0.03 V และเนื่องจากไดโอดเปล่งแสงสีเขียวและสีน้ำเงินมีค่าระยะและแรงดันต่ำมากจึงเลือกใช้ไดโอดเปล่งแสงสีแดง สีส้มและสีขาวไปทำการทดลองต่อไป



รูปที่ 3.8 วงจรตรวจจับสัญญาณ



รูปที่ 3.9 การทดลองเพิ่มระยะตรวจจับสัญญาณ

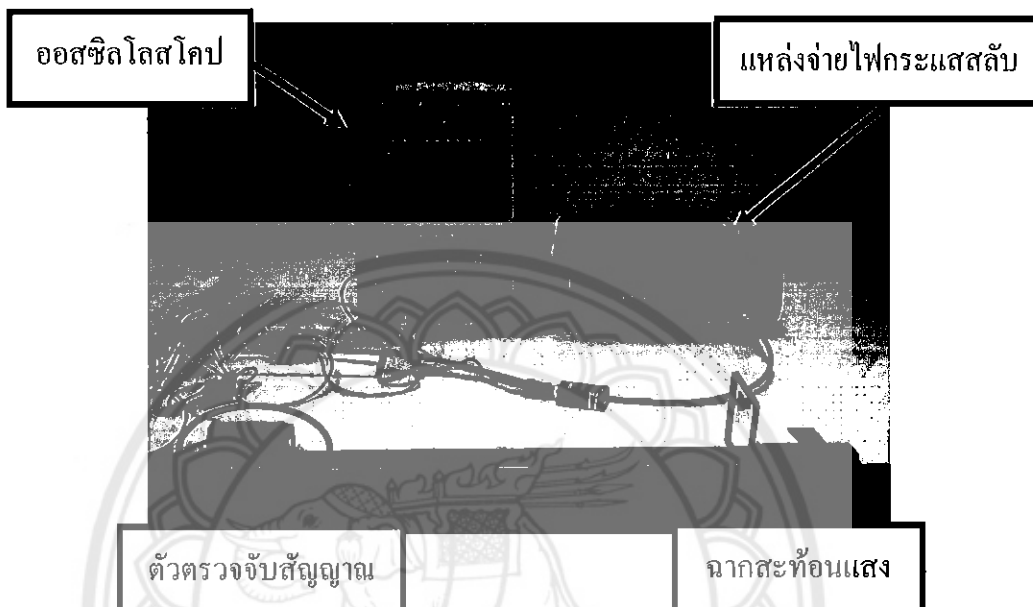


รูปที่ 3.10 กราฟเปรียบเทียบระยะก่อนและหลังเพิ่มระยะตรวจจับสัญญาณ

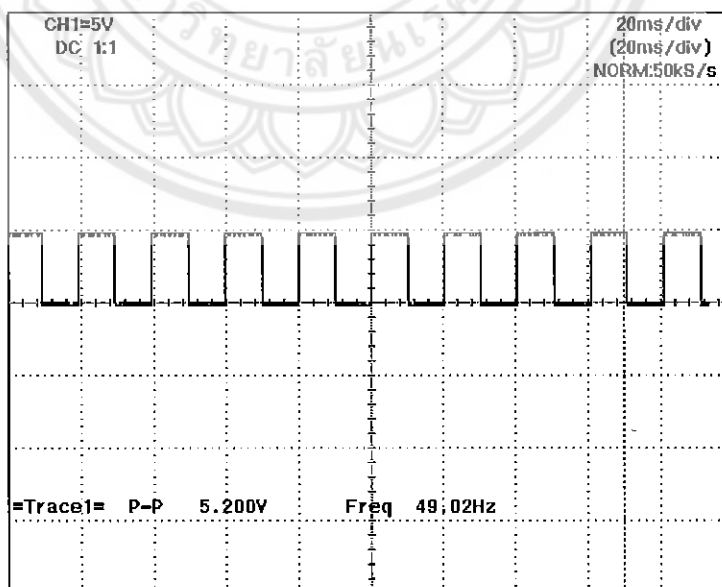
3.1.5 ทดสอบความสามารถในการตรวจจับความถี่

การทดสอบความสามารถในการตรวจจับความถี่จะใช้แหล่งจ่ายไฟกระแสสลับเป็นคลื่นสี่เหลี่ยม 9 V ที่ความถี่ต่าง ๆ ให้ไดโอดเปล่งแสงสีแดง สีส้มและสีขาว ต่อวงจรตามรูปที่ 3.8 ใช้ออสซิลโลสโคปวัดแรงดันเอาท์พุทดังรูปที่ 3.11 และเลื่อนตัวตรวจจับสัญญาณออกจากฉากสะท้อนแสงจะเห็นรูปกราฟเสถียรเมื่อตัวตรวจจับสัญญาณใกล้ฉากสะท้อนแสงที่สุด จนถึงระยะก่อนที่รูปกราฟเริ่มไม่เสถียรซึ่งถือว่าระยะนั้นเป็นระยะตรวจจับสัญญาณ ซึ่งรูปกราฟเสถียร และ

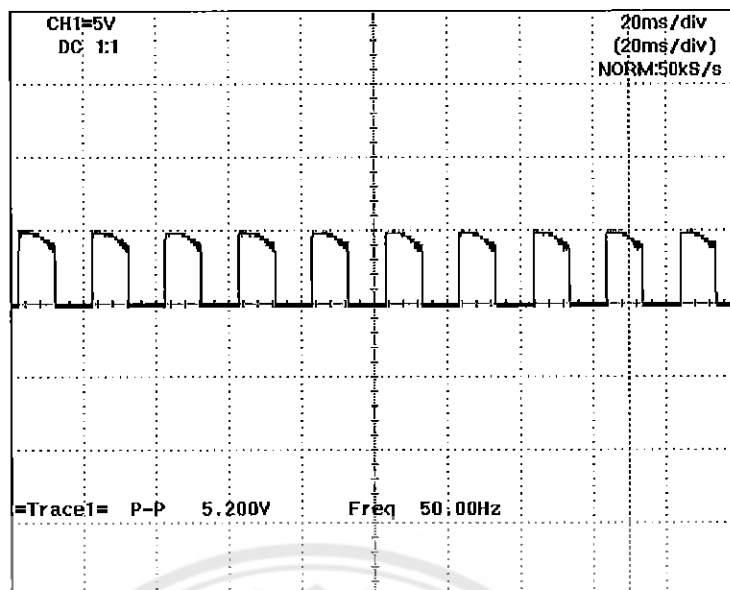
เริ่มไม่เสถียรเมื่อป้อนความถี่ 50 Hz และใช้ไดโอดเปล่งแสงสีแดง มีระยะการตรวจจับ 39.8 cm แสดงดังรูปที่ 3.12 และรูปที่ 3.13 ตามลำดับ จากการทดลองจะเห็นว่าไดโอดเปล่งแสงทุกสีสามารถทำให้โฟโต้ทรานซิสเตอร์ตรวจจับสัญญาณที่ความถี่ต่าง ๆ ได้แต่มีระยะที่กราฟเริ่มไม่เสถียรต่างกันดังรูปที่ 3.14 ซึ่งสีแดง มีระยะไกลสุดตามด้วยสีส้มและสีขาว



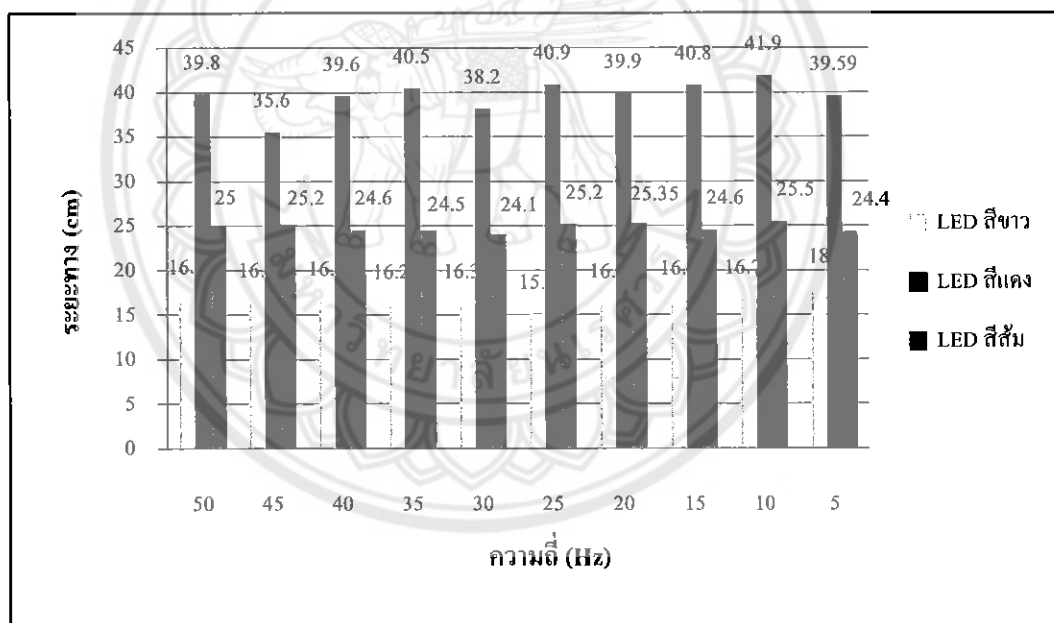
รูปที่ 3.11 การทดสอบความสามารถในการตรวจจับความถี่



รูปที่ 3.12 กราฟเสถียรเมื่อป้อนความถี่ 50 Hz ให้ไดโอดเปล่งแสงสีแดงที่ระยะ 38 cm



รูปที่ 3.13 กราฟเริ่มไม่เสถียรเมื่อป้อนความถี่ 50 Hz ให้ไดโอดเปล่งแสงสีแดงที่ระยะ 39.8 cm



รูปที่ 3.14 กราฟความสามารถในการตรวจจับความถี่

3.1.6 เลือกสีไดโอดเปล่งแสง

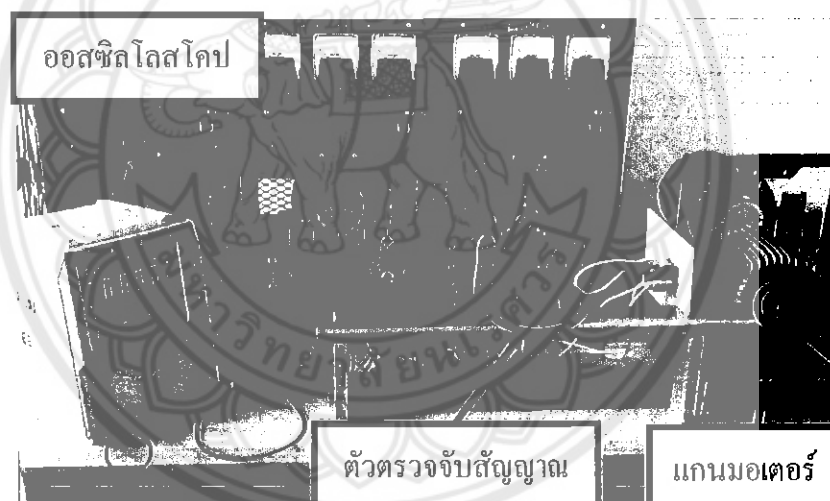
การทดลองเพื่อเลือกสีไดโอดเปล่งแสงจะเปรียบเทียบค่าความเร็วรอบที่วัดได้เมื่อใช้ไดโอดเปล่งแสงสีแดง สีส้มและสีขาวกับมาตรฐานความเร็วรอบแบบใช้แสงตัวที่ 1 ซึ่งสามารถวัดค่าความเร็วรอบแบบหน้าสัมผัสได้ และมาตรฐานความเร็วรอบแบบใช้แสงตัวที่ 2 ซึ่งใช้แสงเลเซอร์

เนื่องจากมาตรวัดความเร็วรอบตัวที่ 1 เป็นแบบใช้แสงซึ่งเป็นชนิดเดียวกับมาตรวัดที่สร้างขึ้นจึงนำค่าที่วัดได้จากมาตรวัดตัวที่ 1 เป็นค่าอ้างอิงเพื่อเปรียบเทียบกับค่าความเร็วรอบของมาตรวัดที่สร้างขึ้นว่าไดโอดเปล่งแสงสีไหนสามารถวัดความเร็วรอบได้ใกล้เคียงค่าอ้างอิงมากที่สุด โดยต่อวงจรดังรูปที่ 3.8 ใช้ออสซิลโลสโคปวัดเอาต์พุตดังรูปที่ 3.15 สามารถคำนวณค่าความเร็วรอบจากรูปกราฟได้ดังนี้

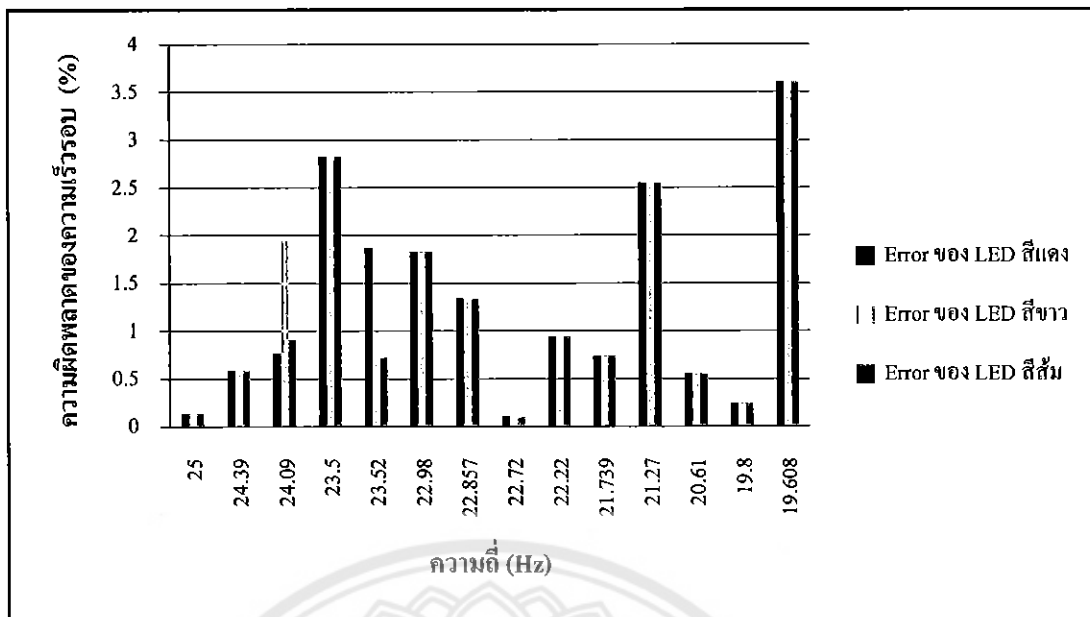
$$\text{จากสูตร} \quad f = \frac{1}{T}$$

$$\text{จะได้} \quad \text{ความเร็วรอบ} = f \times 60$$

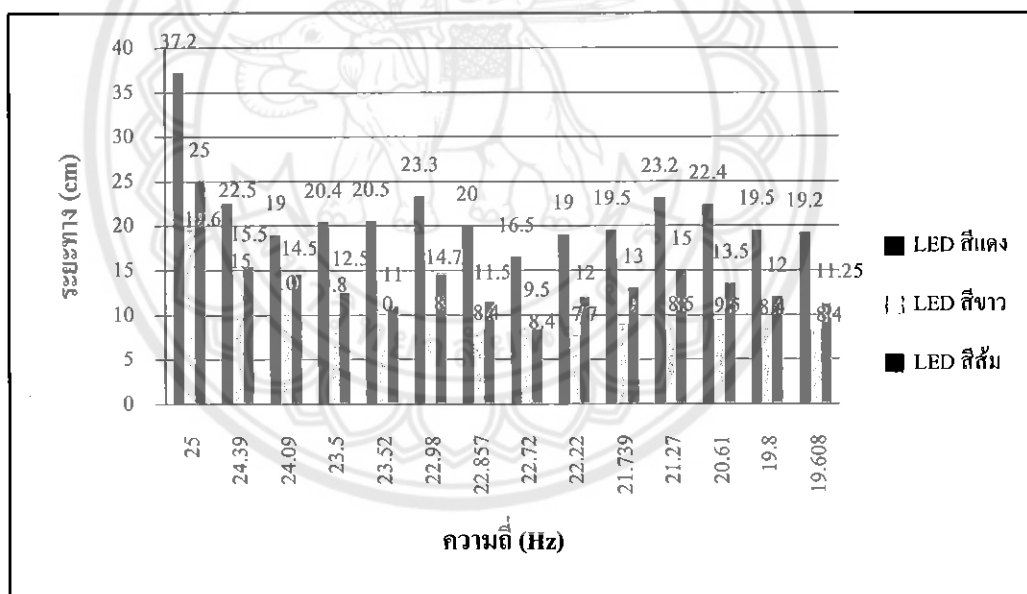
จากการทดลองจะเห็นว่าไดโอดเปล่งแสงแต่ละสีวัดความเร็วรอบโดยมีค่าความคลาดเคลื่อนส่วนใหญ่ใกล้เคียงกันมากดังรูปที่ 3.16 จึงนำระยะตรวจจับสัญญาณมาพิจารณาด้วยจากรูปที่ 3.17 จะเห็นว่าไดโอดเปล่งแสงสีแดงมีระยะตรวจจับสัญญาณใกล้สุดตามด้วยสีส้มและสีขาว จึงเลือกใช้ไดโอดเปล่งแสงสีแดงมาสร้างมาตรวัดความเร็วรอบแบบใช้แสง



รูปที่ 3.15 การทดลองเลือกสีไดโอดเปล่งแสง



รูปที่ 3.16 กราฟเปรียบเทียบความสามารถในการตรวจจับสัญญาณ



รูปที่ 3.17 กราฟเปรียบเทียบระยะตรวจจับสัญญาณ

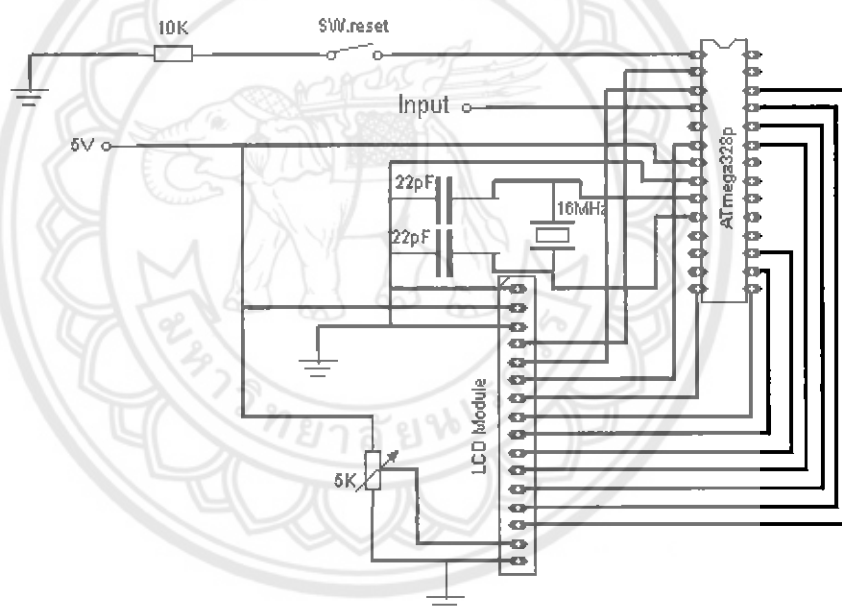
3.2 การสร้างส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์

ส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ประกอบด้วยวงจรควบคุมซึ่งถูกโปรแกรมให้นับสัญญาณที่ได้จากส่วนตรวจจับสัญญาณ ไปแสดงผลเป็นค่าความเร็วรอบบนจอแสดงผล การสร้างส่วน

ไมโครคอนโทรลเลอร์แบ่งเป็น 2 ขั้นตอนดังรูปที่ 3.1 คือ การสร้างวงจรควบคุมและเขียนโปรแกรมซึ่งมีวิธีดังนี้

3.2.1 สร้างวงจรควบคุม

วงจรควบคุมของมาตรวัดความเร็วรอบแบบใช้แสงที่สร้างขึ้นรับแรงดันอินพุตจากถ่าน 9 V แปรแรงดันลงเหลือ 5 V ด้วยไอซีหมายเลข LM7805 เพื่อจ่ายให้จอแสดงผลแบบอักษระขนาด 16×2 บรรทัดและ ไอซีหมายเลข ATmega328P เลือกใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้ 5 kΩ ต่อกับจอแสดงผลเพื่อปรับความสว่างของจอแสดงผล ต่อตัวป้อนความถี่ (Crystal) 16 MHz กับไอซีหมายเลข ATmega328P เพื่อให้ตัวไอซีทำงาน ดังรูปที่ 3.18 โดยตัวเก็บประจุ 22 pF ทั้งสองตัวจะช่วยกรองความถี่ที่ไม่ต้องการออก และต่อสวิทช์ที่ ไอซีหมายเลข ATmega328P เพื่อใช้รีเซ็ตวงจรควบคุม ส่วนอินพุตของไอซีหมายเลข ATmega328P คือ ค่าเอาต์พุตที่ได้จากส่วนตรวจจับสัญญาณนั่นเอง

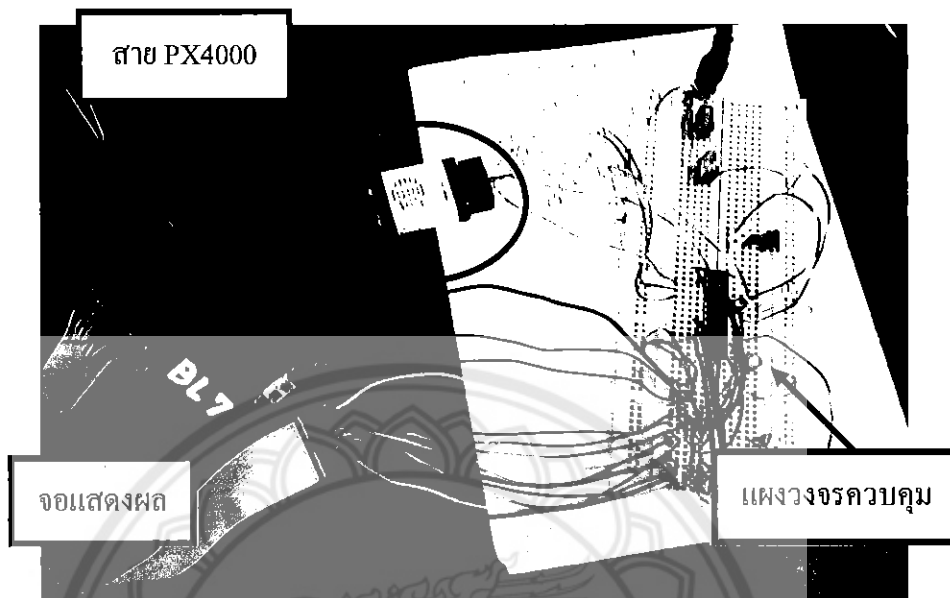


รูปที่ 3.18 ถายวงจรควบคุม

3.2.2 เขียนโปรแกรม

การเขียน โปรแกรมควบคุมเลือกใช้ภาษาซีเพราะ โปรแกรมที่เขียน โดยภาษาซีนั้นทำงานได้เร็วมีขนาดเล็กและสามารถเข้าถึงฮาร์ดแวร์ได้โดยตรง มีรูปแบบคำสั่งที่ง่ายและซับซ้อนน้อยที่สุด ในการเขียนโปรแกรมจะนำค่าความถี่ที่ได้จากส่วนตรวจจับสัญญาณมาเทียบกับค่าความถี่จากตัวป้อนความถี่เพื่อให้ได้เป็นความเร็วรอบต่อนาทีและเนื่องจาก ไอซีหมายเลข ATmega328P

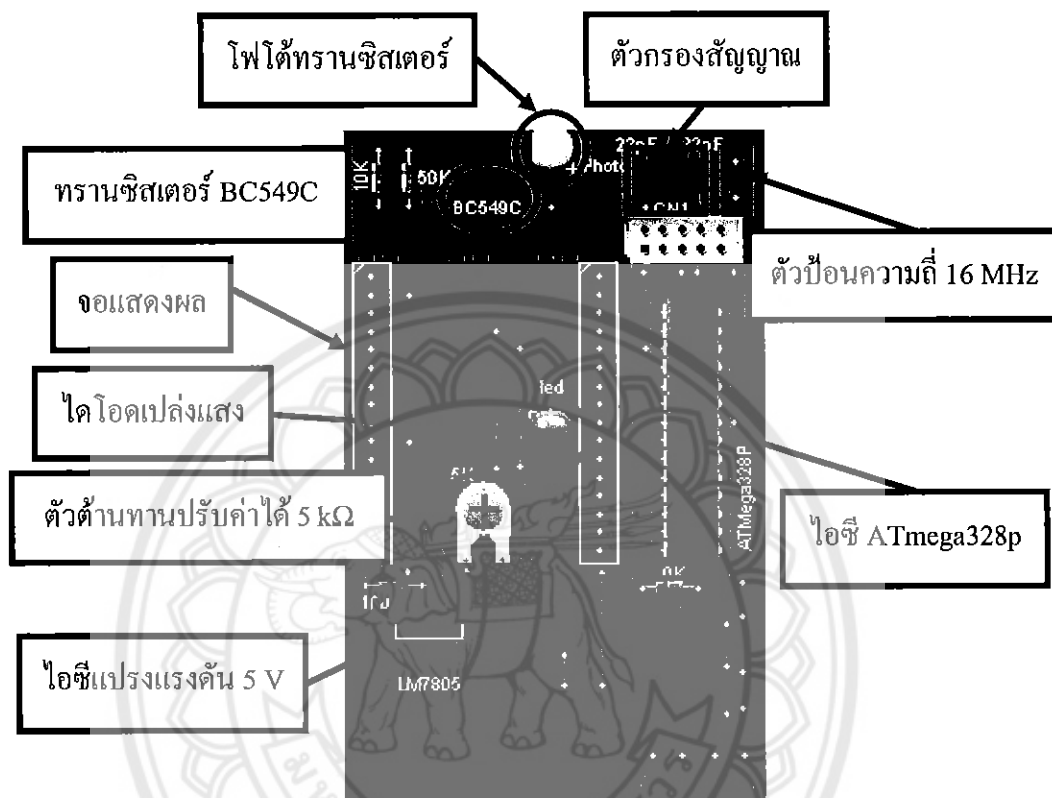
เป็นตระกูล AVR จึงเลือกใช้โปรแกรม AVR Studio มาโปรแกรมตัวไอซีโดยใช้สาย PX4000 ดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 การโปรแกรมไอซีหมายเลข ATmega328P

3.3 ประกอบชิ้นงาน

เมื่อสร้างส่วนตรวจจับสัญญาณและส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วจึงนำสองส่วนมาประกอบกันบนแผงวงจรดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 แผงวงจรควบคุม

ตัวเครื่องจะให้แผ่นอะคริลิกประกอบ โดยติดเลนส์รวมแสงไว้ด้านหน้า ติดสวิทช์เปิดปิดเครื่อง สวิตช์รีเซ็ตและสวิตช์นับสัญญาณไว้ด้านหลังของเครื่องดังรูปที่ 3.21 ซึ่งตัวเครื่องที่สำเร็จแสดงในรูปที่ 3.22



สวิตช์เปิดปิด

สวิตช์รีเซ็ต

สวิตช์วัดความเร็วรอบ

รูปที่ 3.21 สวิตช์ของมาตรวัดความเร็วรอบแบบใช้แสง



รูปที่ 3.22 มาตรวัดความเร็วรอบแบบใช้แสงสำเร็จ

บทที่ 4

ผลการทดสอบ

หลังจากศึกษาและสร้างมาตรฐานวัดความเร็วรอบแบบใช้แสงที่ประกอบด้วยส่วนตรวจจับ สัญญาณและส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วจึงทดสอบมาตรฐานวัดที่สร้างขึ้นเพื่อดูความสามารถ และข้อจำกัดเมื่อนำไปใช้จริง โดยแบ่งการทดลองเป็น 2 ส่วน คือ ทดสอบความสามารถในการวัด และหาขนาดสติกเกอร์สะท้อนแสงที่มีผลต่อการวัดความเร็วรอบซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

4.1 ทดสอบความสามารถในการวัด

การทดสอบความสามารถในการวัดจะใช้มาตรฐานวัดความเร็วรอบมาเปรียบเทียบ 2 ตัวโดย ตัวที่ 1 สามารถวัดความเร็วรอบได้ทั้งแบบใช้แสงและแบบหน้าสัมผัส ตัวที่ 2 เป็นมาตรฐานวัดความเร็วรอบแบบใช้แสงเลเซอร์ ในการทดลองจะใช้มาตรฐานวัดที่สร้างขึ้นและมาตรฐานวัดที่ใช้เปรียบเทียบทั้ง 2 ตัวดังรูปที่ 4.1 มาวัดค่าที่ความเร็วรอบต่างๆ โดยใช้แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงจ่าย ให้มอเตอร์ขนาดเล็กซึ่งติดใบพัดไว้หน้าแกนดังรูปที่ 4.2 เมื่อทำการวัดโดยใช้มาตรฐานวัดทั้ง 3 ตัวที่กล่าวมาแล้วจะได้ค่าความเร็วรอบดังรูปที่ 4.3 จะเห็นว่าค่าที่ได้จากมาตรฐานวัดที่สร้างขึ้นมากกว่าค่าที่ได้จากมาตรฐานวัดตัวอื่นเสมอ จากนั้นนำค่าที่ได้จากมาตรฐานวัดที่สร้างมาหาค่าสหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson product moment correlation) ซึ่งเป็นการหาค่าความสัมพันธ์ของความเร็วรอบที่วัดได้จากมาตรฐานวัดความเร็วรอบแบบใช้แสงตัวที่ 1 และมาตรฐานวัดที่สร้างขึ้นโดยวัดมอเตอร์ตัวเดียวกัน ถือเป็น การตรวจสอบคุณภาพของมาตรฐานวัดที่สร้างขึ้นคำนวณได้จากสมการที่ (4.1)

$$r_{XY} = \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[N \sum X^2 - (\sum X)^2][N \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}} \quad (4.1)$$

เมื่อ r_{XY} คือสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร X (ความเร็วรอบของมาตรฐานวัดอ้างอิง) กับ Y (ความเร็วรอบของมาตรฐานวัดที่สร้าง)

N คือจำนวนคู่ของข้อมูล

$\sum X$ คือผลรวมทั้งหมดของความเร็วรอบมาตรฐาน

$\sum Y$ คือผลรวมทั้งหมดของความเร็วรอบมาตรฐานวัดที่สร้างขึ้น

$\sum X^2$ คือผลรวมของความเร็วรอบมาตรฐานแต่ละค่ายกกำลังสอง

$\sum Y^2$ คือผลรวมทั้งหมดของความเร็วรอบมาตรฐานวัดที่สร้างขึ้นแต่ละค่ายกกำลังสอง

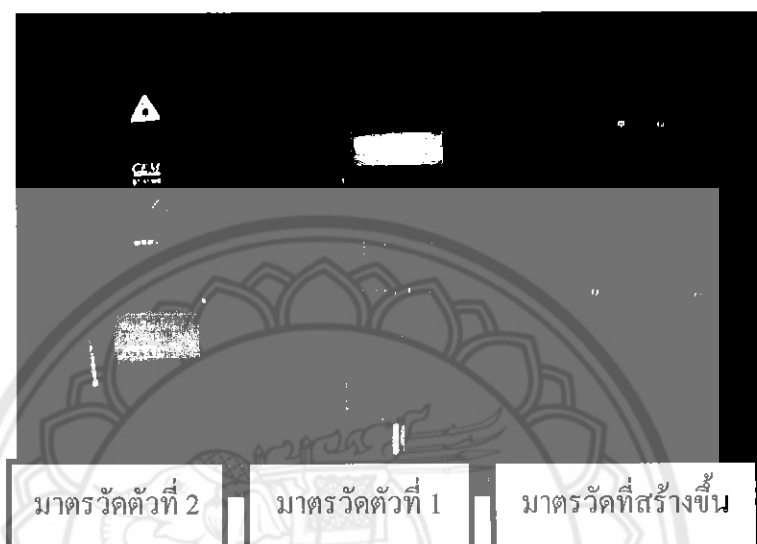
15736675

ร.ร.
073892

2553

ΣXY คือผลรวมของผลคูณระหว่างความเร็วรอบมาตรวัดมาตรฐาน และ
ความเร็วรอบมาตรวัดที่สร้างขึ้น

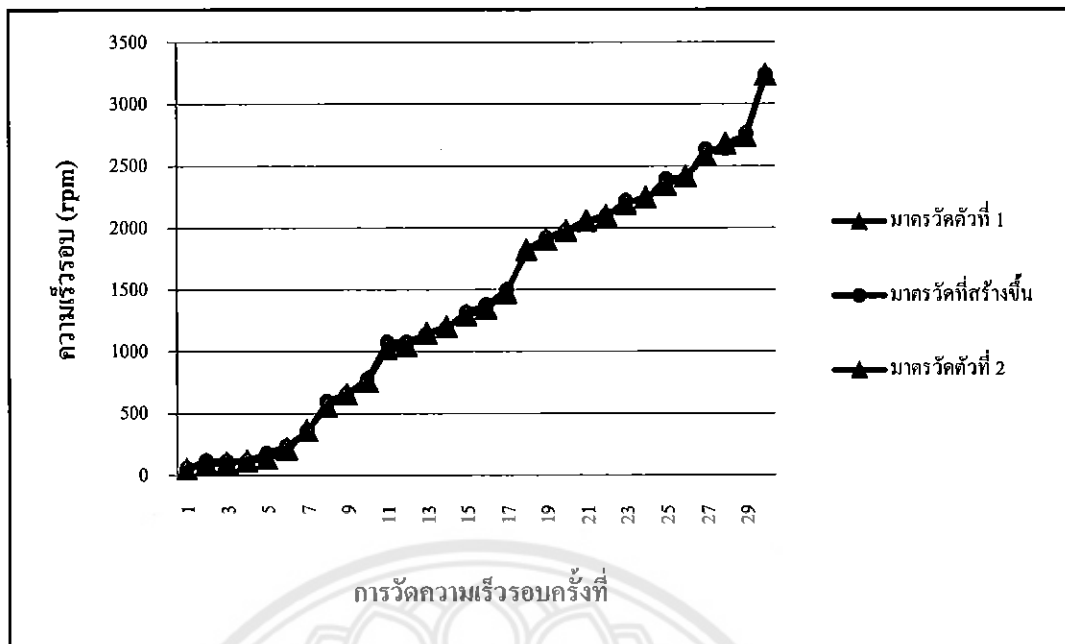
จากการคำนวณจะได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.9996803 จาก 1 แสดงถึงความ
น่าเชื่อถือของมาตรวัดที่สร้างขึ้นอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้



รูปที่ 4.1 มาตรวัดความเร็วรอบ



รูปที่ 4.2 การวัดความเร็วรอบมอเตอร์แบบติดไบพัด



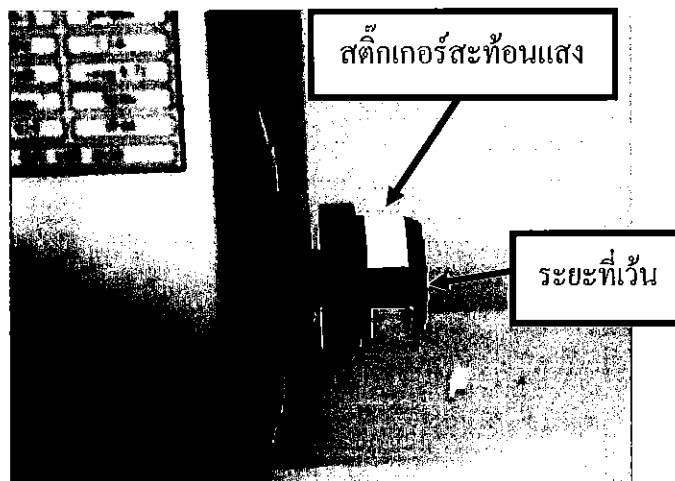
รูปที่ 4.3 กราฟเปรียบเทียบความเร็วรอบที่วัดได้

4.2 หาขนาดสติกเกอร์สะท้อนแสงที่มีผลต่อการวัดความเร็วรอบ

ในการทดลองเพื่อหาขนาดสติกเกอร์สะท้อนแสงที่มีผลต่อการวัดความเร็วรอบ เลือกใช้มอเตอร์ที่มีขนาดเส้นรอบวงของแกน 12 cm กว้าง 2.3 cm ใช้มาตรวัดความเร็วรอบ 3 ตัวดังรูปที่ 4.1 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการวัดเมื่อใช้สติกเกอร์ขนาดต่างๆ เนื่องจากมาตรวัดตัวที่ 1 และ 2 ต้องใช้สติกเกอร์ที่มาพร้อมกับเครื่องเท่านั้นซึ่งเป็นสติกเกอร์ชนิดเดียวกันและมีความกว้าง 1.2 cm จึงแบ่งการทดลองเป็น 2 ส่วน คือ ใช้ความกว้างเป็นเกณฑ์และใช้ความยาวเป็นเกณฑ์

4.2.1 การทดลองเมื่อใช้ความกว้างเป็นเกณฑ์

เนื่องจากสติกเกอร์ที่มาพร้อมกับมาตรวัดตัวที่ 1 และ 2 มีความกว้าง 1.2 cm ในการทดลองจึงเลือกใช้ความกว้าง 1.2 cm เป็นเกณฑ์และเลือกใช้ความยาวตั้งแต่ 0.1-10.9 cm เพื่อเว้นระยะให้สามารถตรวจจับสัญญาณเป็นคลื่นสี่เหลี่ยมได้รูปที่ 4.4 โดยใช้ความเร็วรอบ 1500 rpm ซึ่งเป็นความเร็วสูงสุดของมอเตอร์



รูปที่ 4.4 การทดลองเมื่อใช้ความกว้างของสลิตเกอร์เป็นเกณฑ์

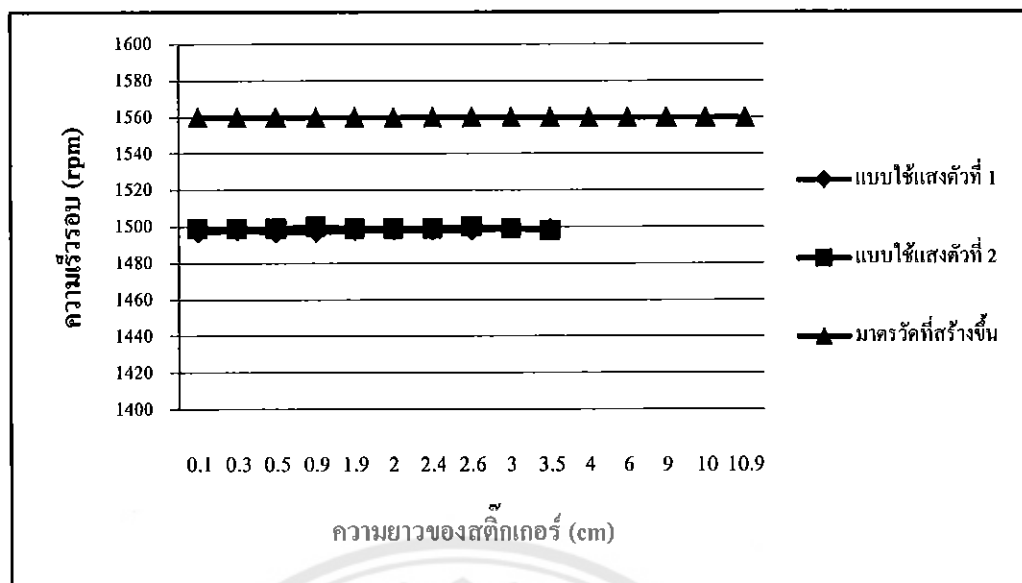
เมื่อนำมาตรวัดทั้ง 3 ตัวมาทดสอบวัดความเร็วรอบ 1500 rpm เมื่อใช้สลิตเกอร์ขนาดต่าง ๆ ดังตารางที่ 4.1 จะเห็นว่ามาตรวัดความเร็วรอบแบบใช้แสงตัวที่ 1 และ 2 สามารถวัดค่าความเร็วรอบได้เมื่อใช้สลิตเกอร์ขนาด 1.2×0.1 cm ถึง 1.2×3.5 cm แต่มาตรวัดที่สร้างสามารถวัดได้ตั้งแต่ 1.2×0.1 cm ดังรูปที่ 4.5 ถึง 1.2×10.9 cm คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนได้ 4 % ซึ่งกราฟผลการวัดความเร็วรอบเมื่อใช้ความกว้างของสลิตเกอร์เป็นเกณฑ์แสดงดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.5 การทดลองเมื่อใช้สลิตเกอร์ขนาด 1.2×0.1 cm

ตารางที่ 4.1 ความเร็วรอบมอเตอร์ที่วัดได้เมื่อใช้ความกว้างของสติกเกอร์สะท้อนแสงเป็นเกณฑ์

ขนาด สติกเกอร์ สะท้อนแสง (cm ²)	ความเร็วรอบที่วัดได้เมื่อใช้ มาตรวัดตัวที่ 1 (rpm)		ความเร็วรอบที่ วัดได้เมื่อใช้มาตร วัดตัวที่ 2 (rpm)	ความเร็วรอบ มอเตอร์ที่วัดได้เมื่อ ใช้มาตรวัดที่สร้าง ขึ้น (rpm)
	แบบหน้าสัมผัส	แบบใช้แสง	แบบใช้แสง	
1.2×0.1	1500	1497	1499	1560
1.2×0.3		1498	1499	1560
1.2×0.5		1497	1499	1560
1.2×0.9		1497	1500	1560
1.2×1.9		1498	1499	1560
1.2×2.0		1498	1499	1560
1.2×2.4		1498	1499	1560
1.2×2.6		1498	1500	1560
1.2×3.0		1499	1499	1560
1.2×3.5		1499	1498	1560
1.2×4.0		-	-	1560
1.2×6.0		-	-	1560
1.2×9.0		-	-	1560
1.2×10.0		-	-	1560
1.2×10.9		-	-	1560



รูปที่ 4.6 ผลการวัดความเร็วรอบเมื่อใช้ความกว้างของสติกเกอร์เป็นเกณฑ์

4.2.2 การทดลองเมื่อใช้ความยาวเป็นเกณฑ์

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นว่าความยาวของสติกเกอร์ที่มาตรวัดทั้ง 3 ตัวสามารถวัดได้มีค่าตั้งแต่ 0.1-3.5 cm จึงเลือกใช้ความยาวที่ 2.0 cm เป็นเกณฑ์และเนื่องจากแกนมอเตอร์มีความกว้าง 2.3 cm จึงใช้ความกว้างตั้งแต่ 0.1-2.5 cm มาทดลองซึ่งจะเห็นว่ามาตรวัดความเร็วรอบแบบใช้แสงตัวที่ 1 และ 2 สามารถวัดความเร็วรอบได้เมื่อใช้สติกเกอร์ขนาด 1.0×2.0 cm ถึง 2.3×2.0 cm แต่มาตรวัดความเร็วรอบที่สร้างสามารถวัดความเร็วรอบได้ตั้งแต่ 0.1×2.0 cm ดังรูปที่ 4.7 ถึง 2.3×2.0 cm ดัง

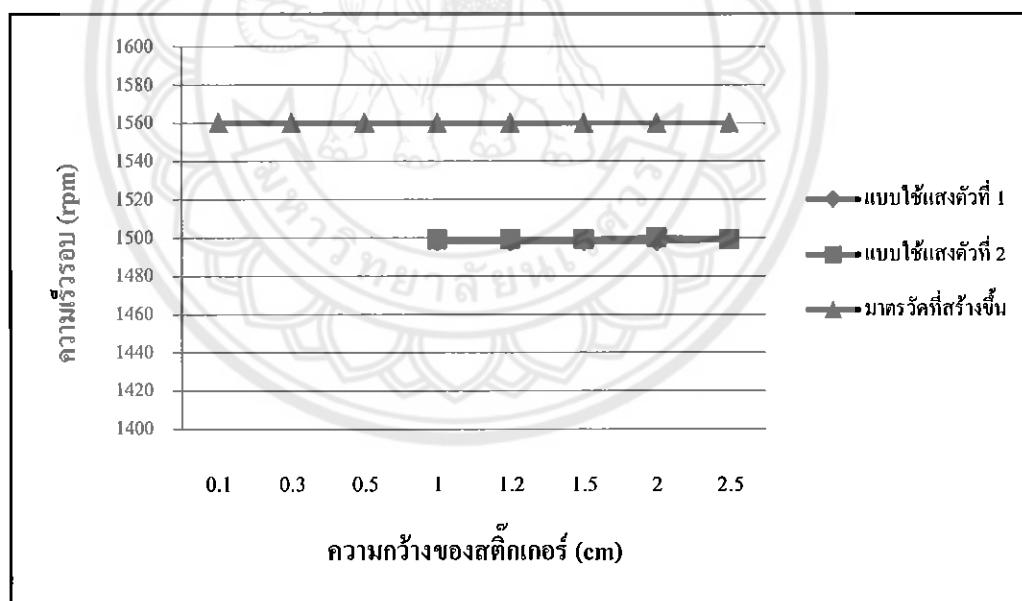
ตารางที่ 4.2 คัดเป็นเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนได้ 4 % ซึ่งกราฟผลการวัดความเร็วรอบเมื่อใช้ความยาวของสตีกเกอร์เป็นเกณฑ์แสดงดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.7 การทดลองเมื่อใช้สตีกเกอร์ขนาด 0.1×2.0 cm

ตารางที่ 4.2 ความเร็วรอบมอเตอร์ที่วัดได้เมื่อใช้ความยาวของสตีกเกอร์สะท้อนแสงเป็นเกณฑ์

ขนาด สตีกเกอร์ สะท้อนแสง (cm ²)	ความเร็วรอบที่วัดได้เมื่อใช้ มาตรวัดตัวที่ 1 (rpm)		ความเร็วรอบที่ วัดได้เมื่อใช้มาตร วัดตัวที่ 2 (rpm)	ความเร็วรอบที่วัดได้ เมื่อใช้มาตรวัดที่ สร้างขึ้น (rpm)
	แบบหน้าสัมผัส	แบบใช้แสง	แบบใช้แสง	
0.1×2.0	1500	-	-	1560
0.3×2.0		-	-	1560
0.5×2.0		-	-	1560
1.0×2.0		1498	1499	1560
1.2×2.0		1498	1499	1560
1.5×2.0		1498	1499	1560
2.0×2.0		1498	1500	1560
2.5×2.0		1499	1499	1560



รูปที่ 4.8 ผลการวัดความเร็วรอบเมื่อใช้ความยาวของสตีกเกอร์เป็นเกณฑ์

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินโครงการสามารถสรุปผลชี้แจงปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการดำเนินงาน รวมทั้งเสนอแนวทางแก้ปัญหา พร้อมให้ข้อเสนอแนะในการนำโครงการไปพัฒนาต่อไป

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ

ในโครงการนี้ได้สร้างมาตรวัดความเร็วรอบมอเตอร์แบบใช้แสง โดยใช้หลักการสะท้อนกลับของแสง มีไดโอดเปล่งแสงเป็นตัวกำเนิดแสงและโฟโตทรานซิสเตอร์เป็นตัวรับสัญญาณ เพื่อให้สามารถวัดความเร็วรอบได้ 0-3000 rpm และสามารถแสดงผลได้ละเอียด 4 หลัก โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวนับและแสดงผลออกทางจอแสดงผล

รูปแบบการทำงานของมาตรวัดความเร็วรอบโดยใช้แสงที่สร้างขึ้นในโครงการนี้ คือ การรับสัญญาณแรงดัน 5 V ในกรณีแสงที่ส่งจากไดโอดเปล่งแสงไปสะท้อนกับแผ่นสติ๊กเกอร์สะท้อนแสงที่ติดอยู่ที่แกนมอเตอร์เข้าสู่โฟโตทรานซิสเตอร์ และรับสัญญาณแรงดัน 0 V ในกรณีที่แสงส่องไปที่แกนในส่วนที่ไม่มีสติ๊กเกอร์สะท้อนแสงติดอยู่ทำให้โฟโตทรานซิสเตอร์ไม่สามารถรับแสงจากไดโอดเปล่งแสงได้ ผลที่ได้รับจะออกมาในรูปของความถี่และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR หมายเลข ATmega328p ในการแปลงความถี่เทียบกับเวลาซึ่งแสดงผลออกมาที่จอแสดงผลในรูปความเร็วรอบต่ออนาที จากการทดสอบความสามารถในการวัดโดยเปรียบเทียบมาตรวัดความเร็วรอบมาตรฐานกับมาตรวัดความเร็วรอบแบบใช้แสงที่สร้างขึ้น มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.9996803 จาก 1.0 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และมีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนในการวัดเมื่อใช้สติ๊กเกอร์สะท้อนแสงที่มีขนาด 1.2×0.1 cm ถึง 1.2×10.9 cm และ 0.1×2.0 cm ถึง 2.3×2.0 cm เท่ากับ 4 % อีกทั้งค่าใช้จ่ายในการสร้างประมาณ 670 บาท ซึ่งถูกมากเมื่อเทียบกับราคาของมาตรวัดความเร็วรอบแบบใช้แสงที่มีขายอยู่ตามท้องตลาดที่มีราคา 1490 บาท ขึ้นไป อย่างไรก็ตามเนื่องจากมาตรวัดความเร็วรอบแบบใช้แสงที่ทำการทดสอบกับมอเตอร์ในบทที่ 4 เป็นมอเตอร์กระแสตรงเท่านั้น จึงอาจไม่ครอบคลุมกับมอเตอร์ชนิดอื่น ๆ ทั้งหมด

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

- 1) ความเร็วรอบที่วัดได้จากมาตรวัดความเร็วรอบแบบใช้แสงที่สร้างขึ้นมีความคลาดเคลื่อนไปจากมาตรวัดความเร็วรอบแบบมาตรฐานสาเหตุอาจเกิดจากตัวนับเวลา (Interrupt Timer) ของไมโครคอนโทรลเลอร์ในการแปลงความถี่เทียบกับเวลาที่มีค่าน้อยเกินไปส่งผลให้ความเร็วรอบที่ได้มีค่าผิดเพี้ยน หรือไม่มีความละเอียดเพียงพอ แนวทางการแก้ไข คือ การปรับค่าที่ตั้งให้กับตัวนับเวลาใหม่ หรือการเปลี่ยนขนาดของตัวสร้างความถี่ที่ใช้โดยให้มีความถี่น้อยลง หรือมากขึ้น
- 2) ระยะตรวจจับของมาตรวัดความเร็วรอบแบบใช้แสงที่สร้างขึ้นจัดอยู่ในเกณฑ์ต่ำเมื่อเทียบกับมาตรวัดมาตรฐาน แนวทางการแก้ไข คือ การเปลี่ยนตัวส่งสัญญาณเป็นชนิดอื่น เช่น เลเซอร์ซึ่งอาจมีราคาแพงกว่าหรือการเปลี่ยนเลนส์รวมแสงที่มีประสิทธิภาพในการรวมแสงมากขึ้น
- 3) มอเตอร์ชนิดที่มีแกนขนาดเล็กเกินกว่าที่จะติดสติกเกอร์สะท้อนแสงได้ แนวทางแก้ไข คือ การติดใบพัดให้มอเตอร์ทำให้มีพื้นที่เพียงพอสำหรับติดสติกเกอร์สะท้อนแสงดัง รูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 แนวทางแก้ไขโดยติดใบพัดกับมอเตอร์

5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อไป

เนื่องจากมาตรวัดความเร็วรอบแบบใช้แสงที่สร้างขึ้นยังคงมีข้อบกพร่องในด้านของความแม่นยำและความละเอียดของความเร็วรอบ ซึ่งเมื่อนำไปวัดความเร็วรอบมอเตอร์ในงานจริงอาจส่งผลถึงการทำงานของระบบได้ เช่น เมื่อความเร็วรอบที่วัดมีค่าคลาดเคลื่อนจะส่งผลถึงกำลังไฟฟ้าเอาต์พุตในหน่วยเปอร์เซ็นต์ของกำลังที่พิกัดตั้งสมการที่ (5.1)

$$\text{Load} = \frac{\text{Slip}}{S_s - S_r} \times 100\% \quad (5.1)$$

- โดย Load คือกำลังไฟฟ้าเอาต์พุตในหน่วยเปอร์เซ็นต์ของกำลังที่พิกัด
 Slip คือความเร็วซิงโครนัส - ความเร็วรอบที่วัดได้
 S_s คือความเร็วซิงโครนัส (rpm)
 S_r คือความเร็วที่ระดับโหลดเต็มพิกัดจากป้ายชื่อมอเตอร์ (rpm)

จึงจำเป็นต้องมีการแก้ไขในส่วนของการปรับค่าที่ตั้งให้กับตัวนับเวลาใหม่เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการวัด รวมถึงการเพิ่มระยะตรวจจับของมาตรวัดความเร็วรอบแบบใช้แสง แนวทางในการพัฒนา คือ การเปลี่ยนส่วนของตัวส่งสัญญาณจากไดโอดเปล่งแสงเป็นหลอดเลเซอร์ หรือ ไดโอดเปล่งแสงความเข้มพิเศษแทนและอาจพิจารณาในส่วนของเลนส์รวมแสงที่เหมาะสมกับส่วนตรวจจับมากกว่าเลนส์ที่ใช้อยู่ในชิ้นงานปัจจุบันเพื่อเพิ่มระยะการตรวจจับให้ไกลขึ้น



เอกสารอ้างอิง

- [1] พงนาฏ สุวรรณ “เซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์เบื้องต้น”, สำนักพิมพ์ ส.ส.ท., กรุงเทพมหานคร, 2545
- [2] ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง “เซ็นเซอร์ ทรานสดิวเซอร์และการใช้งาน”, ห้างหุ้นส่วนสามัญสมาร์ทเลิร์นนิ่ง, กรุงเทพฯ, 2553
- [3] ประจัน พลังสันติกุล “การเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ด้วยภาษา C กับ WinAVR (C Compiler)”, บริษัท แอปซอพท์เทคโนโลยี, กรุงเทพฯ, 2549
- [4] ประจัน พลังสันติกุล “การประยุกต์ใช้งานภาษา C สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR เล่ม 2”, บริษัท แอปซอพท์เทคโนโลยี, กรุงเทพฯ, 2549
- [5] <http://chanwit3.spaces.live.com/blog/>, สืบค้นเมื่อ กรกฎาคม 2553
- [6] <http://eestaff.kku.ac.th/>, สืบค้นเมื่อ กรกฎาคม 2553
- [7] <http://learners.in.th/blog/thanasate/>, สืบค้นเมื่อ สิงหาคม 2553
- [8] <http://www.elecnet.chandra.ac.th/learn/tipntrick/>, สืบค้นเมื่อ ตุลาคม 2553
- [9] <http://www.AllDataSheet.com/>, สืบค้นเมื่อ กุมภาพันธ์ 2554



ภาคผนวก ก

โปรแกรมควบคุมมาตรฐานวัดความเร็วรอบแบบใช้แสง

มหาวิทยาลัยนเรศวร


```
#include <stdlib.h>

#include <stdio.h>

#include <avr/io.h>

#include <avr/interrupt.h>

#include <util/delay.h>

#include "lcd.h"

#include <compat/deprecated.h>

#define E_HIGH sbi(PORTD,PD4)

#define E_LOW cbi(PORTD,PD4)

#define RS_HIGH sbi(PORTD,PD0)

#define RS_LOW cbi(PORTD,PD0)

int flag = 0;

int count = 0;

int count_P = 0;

void initial_test_Input(){

    DDRC |= (1<<PC5);

    sbi(PORTC,PC5); //Paid Voltage

}

void ISR_INT(void){

    // Enable INT0 External Interrupt

    DDRD |= (1<<PD2);
```

```

sbi(PORTD,PD2);

EIMSK |= (1<<INT0);

//EIMSK |= (1<<INT1);

// MCUCR STRUCTOR : bit15 -> bit4 | bit3 | bit2 | bit1 | bit0 |
//                                     | 0 0 0...      | ISC11 | ISC10 |
ISC01 | ISC00 |

// ISC01 ISC00
//   0           0 The low level of INT0 generates an interrupt
request
//   0           1 Any logical change on INT0 generates an interrupt
request
//   1           0 The falling edge of INT0 generates an interrupt
request
//   1           1 The rising edge of INT0 generates an interrupt
request

// ISC10 ISC11
//   0           0 The low level of INT1 generates an interrupt
request
//   0           1 Any logical change on INT1 generates an interrupt
request
//   1           0 The falling edge of INT1 generates an interrupt
request
//   1           1 The rising edge of INT1 generates an interrupt
request

```

```

EICRA |= (1<<ISC01) | (0<<ISC00); //for The rising edge of INT0 generates
an interrupt request

```

```

//and rising edge of INT1 generates an interrupt
request

```

```

// Enable Timer Interrupt

```

```

TCCR0A = 0; /* set timer0 normal mode */

```

```

TCCR0B |= (1<<CS02)|(0<<CS01)|(1<<CS00); /* timer0 clock = system clock
*/

```

```

TIMSK0 |= (1<<TOIE0); /* enable timer0 overflow interrupt */

```

```

}

```

```

/**

```

```

* Note: This interrupt0 service routine

```

```

*/

```

```

ISR(INT0_vect){

```

```

    count_P++; //Counting

```

```

}

```

```

ISR(TIMER0_OVF_vect)

```

```

{

```

```

    count++;

```

```

    if(count > 100){

```

```

        count = 0;

```

```

        char text[16];

```

```

        count_P = (count_P/2)*30;

```

```
        snprintf(text,16,"%d RPM      ",count_P);  
        display(0xC0,text);  
        count_P = 0;  
    }  
}
```

```
void enable(void)
```

```
{  
    E_HIGH;  
    longDelay(1);  
    E_LOW;  
    longDelay(1);  
}
```

```
void lcd_initial(void)
```

```
{  
    //Set for output port  
    //DB4-DB7  
    DDRC |= (1<<PC0) | (1<<PC1) | (1<<PC2) | (1<<PC3);  
    //DB0-DB3  
    DDRB |= (1<<PB0) | (1<<PB1) | (1<<PB2) | (1<<PB3);  
    //RS,R/W,E  
    DDRD |= (1<<PD0) | (1<<PD1) | (1<<PD4);  
  
    cbi(PORTD,PD4);
```

```
RS_LOW; //Signal for Send Instruction
```

```
PORTC = 0x03;
```

```
PORTB = 0x08; enable();
```

```
PORTC = 0x00;
```

```
PORTB = 0x0F; enable();
```

```
PORTC = 0x00;
```

```
PORTB = 0x06; enable();
```

```
PORTC = 0x00;
```

```
PORTB = 0x01; enable();
```

```
RS_HIGH; //Signal for Send Data
```

```
}
```

```
void display(unsigned char x,unsigned char text[])
```

```
{
```

```
RS_LOW; //Signal for Select Address
```

```
char xd = (0xF0 & x)>>4;
```

```
PORTC = xd;
```

```
PORTB = (0x0F & x); enable();
```

```
RS_HIGH; //Signal for Send Data

int i = 0;

int n = strlen(text);

while(i < n)
{
    xd = (0xF0 & text[i])>>4;

    PORTC = xd;
    PORTB = (0x0F & text[i]); enable();
    i = i + 1;
}
i = 0;
}

void initial_led_test(){
    DDRC |= (1<<PC4);
}

void longDelay(int n){
    for(int i = 0; i < n; i++){
        _delay_ms( 200 );
    }
}

void LED_ON(){
    sbi(PORTC,PC4);
}
```

```
}  
  
void LED_OFF(){  
    cbi(PORTC,PC4);  
}  
  
void main(void){  
  
    ISR_INT();  
    initial_led_test();  
    initial_test_Input();  
    lcd_initial();  
    display(0x01,"EE 50361927");  
    display(0xC0,"EE 50364928");  
    longDelay(100);  
    display(0x01,"OPTICAL TACHO");  
    LED_ON();  
    sei(); //enable interrupts  
    while(1)  
    {  
  
    }  
}
```





Features

- High Performance, Low Power AVR[®] 8-Bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
 - 131 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 20 MIPS Throughput at 20 MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory Segments
 - 4/8/16/32K Bytes of In-System Self-Programmable Flash program memory (ATmega48P/88P/168P/328P)
 - 256/512/512/1K Bytes EEPROM (ATmega48P/88P/168P/328P)
 - 512/1K/1K/2K Bytes Internal SRAM (ATmega48P/88P/168P/328P)
 - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
 - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C⁽¹⁾
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - Programming Lock for Software Security
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescaler and Compare Mode
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Six PWM Channels
 - 8-channel 10-bit ADC in TQFP and QFN/MLF package
 - Temperature Measurement
 - 6-channel 10-bit ADC in PDIP Package
 - Temperature Measurement
 - Programmable Serial USART
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Byte-oriented 2-wire Serial Interface (Philips I²C compatible)
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
 - Interrupt and Wake-up on Pin Change
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby, and Extended Standby
- I/O and Packages
 - 23 Programmable I/O Lines
 - 28-pin PDIP, 32-lead TQFP, 28-pad QFN/MLF and 32-pad QFN/MLF
- Operating Voltage:
 - 1.8 - 5.5V for ATmega48P/88P/168PV
 - 2.7 - 5.5V for ATmega48P/88P/168P
 - 1.8 - 5.5V for ATmega328P
- Temperature Range:
 - -40°C to 85°C
- Speed Grade:
 - ATmega48P/88P/168PV: 0 - 4 MHz @ 1.8 - 5.5V, 0 - 10 MHz @ 2.7 - 5.5V
 - ATmega48P/88P/168P: 0 - 10 MHz @ 2.7 - 5.5V, 0 - 20 MHz @ 4.5 - 5.5V
 - ATmega328P: 0 - 4 MHz @ 1.8 - 5.5V, 0 - 10 MHz @ 2.7 - 5.5V, 0 - 20 MHz @ 4.5 - 5.5V
- Low Power Consumption at 1 MHz, 1.8V, 25°C for ATmega48P/88P/168P:
 - Active Mode: 0.3 mA
 - Power-down Mode: 0.1 µA
 - Power-save Mode: 0.8 µA (including 32 kHz RTC)



8-bit **AVR[®]**
Microcontroller
with 4/8/16/32K
Bytes In-System
Programmable
Flash

ATmega48P/V
ATmega88P/V
ATmega168P/V
ATmega328P

Preliminary
Summary

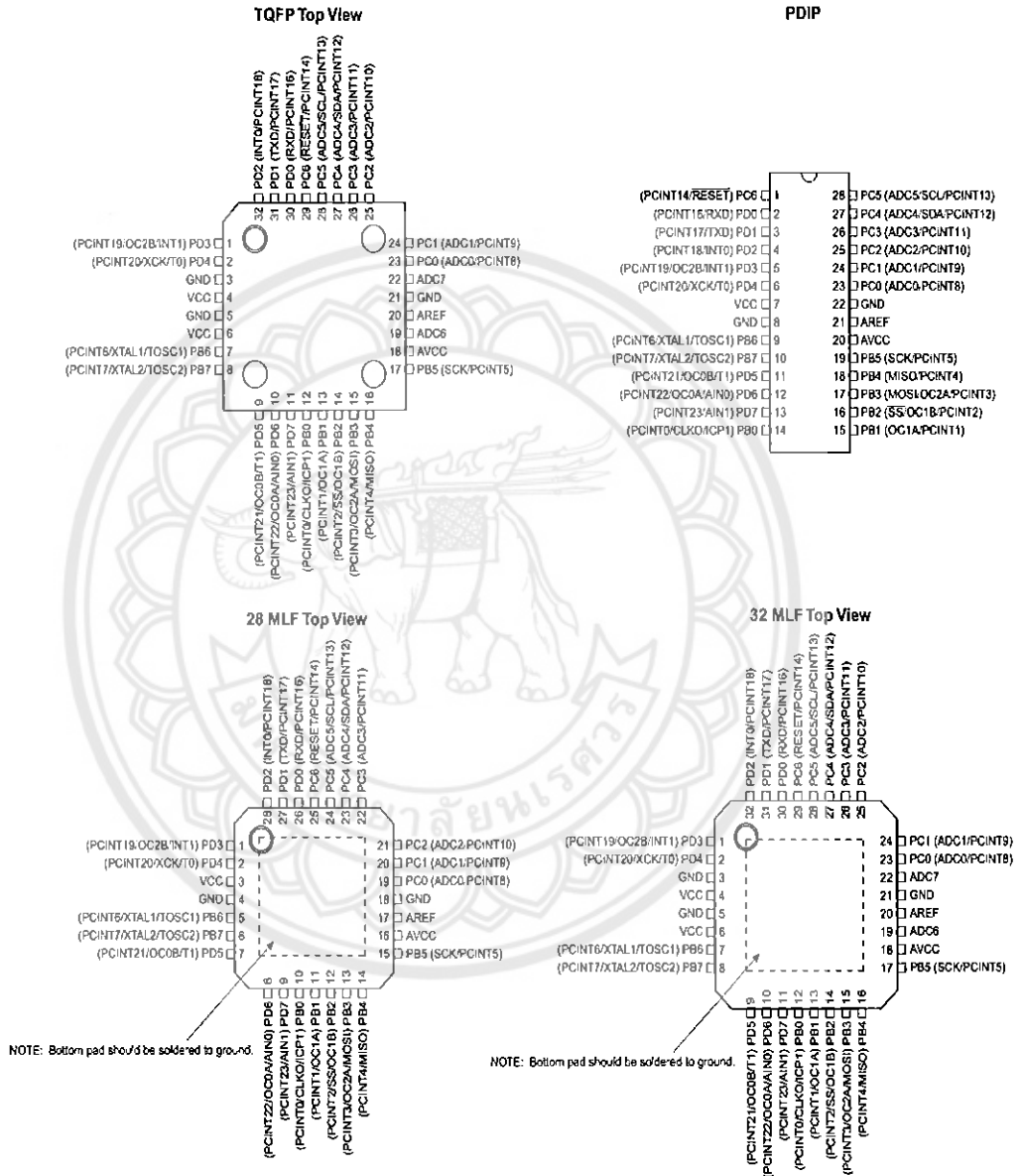
Rev. 8025DS-AVR-03/08





1. Pin Configurations

Figure 1-1. Pinout ATmega48P/88P/168P/328P



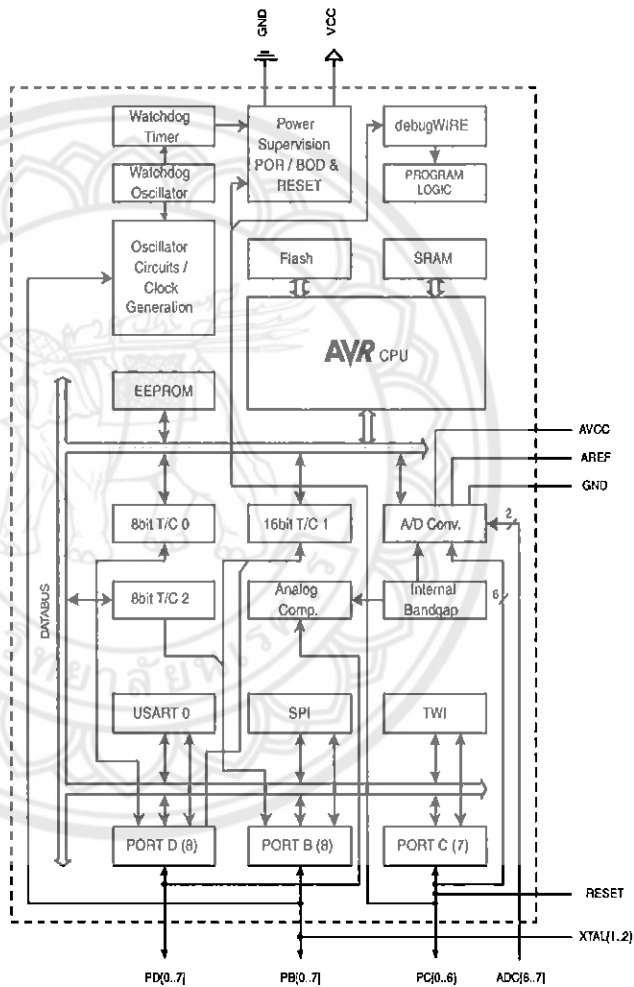
ATmega48P/88P/168P/328P

2. Overview

The ATmega48P/88P/168P/328P is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega48P/88P/168P/328P achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

2.1 Block Diagram

Figure 2-1. Block Diagram



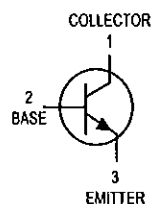
The AVR core combines a rich instruction set with 32 general purpose working registers. All the 32 registers are directly connected to the Arithmetic Logic Unit (ALU), allowing two independent registers to be accessed in one single instruction executed in one clock cycle. The resulting



MOTOROLA
SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

 Order this document
 by BC549B/D

Low Noise Transistors
 NPN Silicon

BC549B,C
BC550B,C

 CASE 29-04, STYLE 17
 TO-92 (TO-226AA)

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	BC549	BC550	Unit
Collector-Emitter Voltage	V_{CEO}	30	45	Vdc
Collector-Base Voltage	V_{CBO}	30	50	Vdc
Emitter-Base Voltage	V_{EBO}	5.0		Vdc
Collector Current — Continuous	I_C	100		mAdc
Total Device Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	625	5.0	mW mW/°C
Total Device Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	1.5	12	Watt mW/°C
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}	-55 to +150		°C

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	200	°C/W
Thermal Resistance, Junction to Case	$R_{\theta JC}$	83.3	°C/W

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

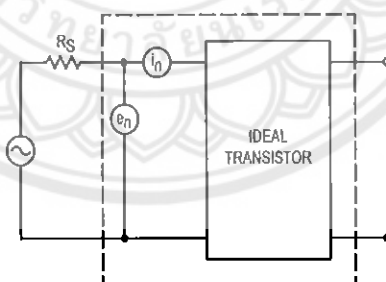
Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
OFF CHARACTERISTICS					
Collector-Emitter Breakdown Voltage ($I_C = 10 \text{ mAdc}, I_B = 0$)	$V_{(BR)CEO}$	30	—	—	Vdc
	BC549B,C BC550B,C	45	—	—	
Collector-Base Breakdown Voltage ($I_C = 10 \mu\text{A}, I_E = 0$)	$V_{(BR)CBO}$	30	—	—	Vdc
	BC549B,C BC550B,C	50	—	—	
Emitter-Base Breakdown Voltage ($I_E = 10 \mu\text{A}, I_C = 0$)	$V_{(BR)EBO}$	5.0	—	—	Vdc
Collector Cutoff Current ($V_{CB} = 30 \text{ V}, I_E = 0$) ($V_{CB} = 30 \text{ V}, I_E = 0, T_A = +125^\circ\text{C}$)	I_{CBO}	—	—	15	nA μA
		—	—	5.0	
Emitter Cutoff Current ($V_{EB} = 4.0 \text{ Vdc}, I_C = 0$)	I_{EBO}	—	—	15	nA

BC549B,C BC550B,C**ELECTRICAL CHARACTERISTICS** ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted) (Continued)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
ON CHARACTERISTICS					
DC Current Gain ($I_C = 10 \mu\text{A dc}$, $V_{CE} = 5.0 \text{ V dc}$)	h_{FE}	BC549B/550B	100	150	—
		BC549C/550C	100	270	—
($I_C = 2.0 \text{ mA dc}$, $V_{CE} = 5.0 \text{ V dc}$)		BC549B/550B	200	290	450
		BC549C/550C	420	500	800
Collector-Emitter Saturation Voltage ($I_C = 10 \text{ mA dc}$, $I_B = 0.5 \text{ mA dc}$) ($I_C = 10 \text{ mA dc}$, $I_B = \text{see note 1}$) ($I_C = 100 \text{ mA dc}$, $I_B = 5.0 \text{ mA dc}$, see note 2)	$V_{CE(\text{sat})}$	—	0.075	0.25	Vdc
		—	0.3	0.6	
		—	0.25	0.6	
Base-Emitter Saturation Voltage ($I_C = 100 \text{ mA dc}$, $I_B = 5.0 \text{ mA dc}$)	$V_{BE(\text{sat})}$	—	1.1	—	Vdc
Base-Emitter On Voltage ($I_C = 10 \mu\text{A dc}$, $V_{CE} = 5.0 \text{ V dc}$) ($I_C = 100 \mu\text{A dc}$, $V_{CE} = 5.0 \text{ V dc}$) ($I_C = 2.0 \text{ mA dc}$, $V_{CE} = 5.0 \text{ V dc}$)	$V_{BE(\text{on})}$	—	0.52	—	Vdc
		—	0.55	—	
		0.55	0.62	0.7	
SMALL-SIGNAL CHARACTERISTICS					
Current-Gain — Bandwidth Product ($I_C = 10 \text{ mA dc}$, $V_{CE} = 5.0 \text{ V dc}$, $f = 100 \text{ MHz}$)	f_T	—	250	—	MHz
Collector-Base Capacitance ($V_{CB} = 10 \text{ V dc}$, $I_E = 0$, $f = 1.0 \text{ MHz}$)	C_{cbo}	—	2.5	—	pF
Small-Signal Current Gain ($I_C = 2.0 \text{ mA dc}$, $V_{CE} = 5.0 \text{ V}$, $f = 1.0 \text{ kHz}$)	h_{fe}	BC549B/BC550B	240	330	500
		BC549C/BC550C	450	600	900
Noise Figure ($I_C = 200 \mu\text{A dc}$, $V_{CE} = 5.0 \text{ V dc}$, $R_S = 2.0 \text{ k}\Omega$, $f = 1.0 \text{ kHz}$) ($I_C = 200 \mu\text{A dc}$, $V_{CE} = 5.0 \text{ V dc}$, $R_S = 100 \text{ k}\Omega$, $f = 1.0 \text{ kHz}$)	NF1	—	0.6	2.5	dB
	NF2	—	—	10	

NOTES:

- I_B is value for which $I_C = 11 \text{ mA}$ at $V_{CE} = 1.0 \text{ V}$.
- Pulse test = $300 \mu\text{s}$ — Duty cycle = 2%.

**Figure 1. Transistor Noise Model**

BC549B,C BC550B,C

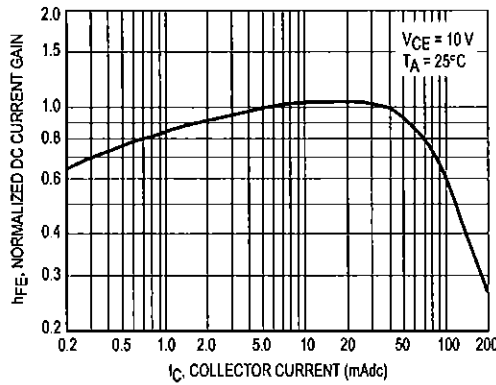


Figure 2. Normalized DC Current Gain

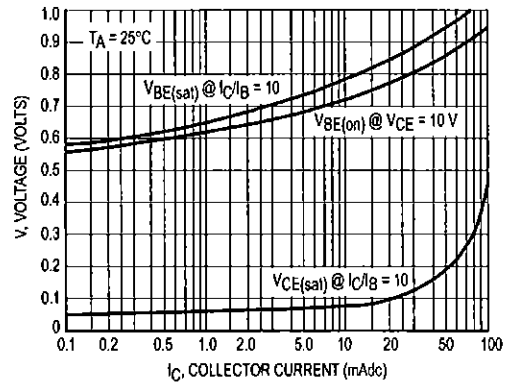


Figure 3. "Saturation" and "On" Voltages

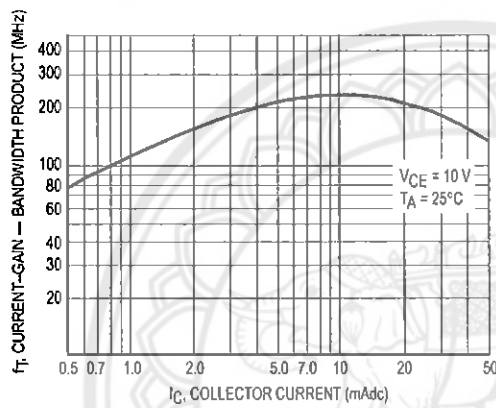


Figure 4. Current-Gain — Bandwidth Product

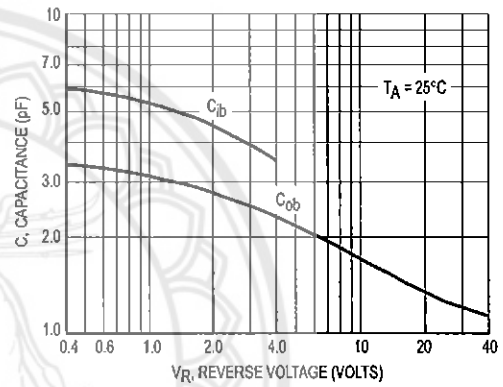


Figure 5. Capacitance

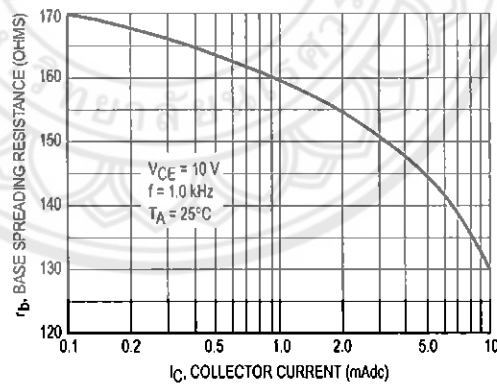


Figure 6. Base Spreading Resistance

BC549B,C BC550B,C

PACKAGE DIMENSIONS

NOTES:

1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
3. CONTOUR OF PACKAGE BEYOND DIMENSION R IS UNCONTROLLED.
4. DIMENSION F APPLIES BETWEEN P AND L. DIMENSION D AND J APPLY BETWEEN L AND K. MINIMUM LEAD DIMENSION IS UNCONTROLLED IN P AND BEYOND DIMENSION K MINIMUM.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.175	0.205	4.45	5.20
B	0.170	0.210	4.32	5.33
C	0.125	0.165	3.18	4.19
D	0.016	0.022	0.41	0.55
F	0.016	0.019	0.41	0.48
G	0.045	0.055	1.15	1.39
H	0.095	0.105	2.42	2.68
J	0.015	0.020	0.39	0.50
K	0.500	—	12.70	—
L	0.250	—	6.35	—
M	0.080	0.105	2.04	2.68
P	—	0.100	—	2.54
R	0.115	—	2.93	—
V	0.135	—	3.43	—

STYLE 17:
 PIN 1. COLLECTOR
 2. BASE
 3. EMITTER

**CASE 029-04
 (TO-226AA)
 ISSUE AD**

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

How to reach us:
 USA/EUROPE: Motorola Literature Distribution;
 P.O. Box 20912; Phoenix, Arizona 85036 1-800-441-2447

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

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

HONG KONG: Motorola Semiconductors H.K. Ltd.; 88 Tai Ping Industrial Park,
 51 Ting Kok Road, Tai Po, N.T., Hong Kong. 852-26629298



BC549B/D



ภาคผนวก จ
รายละเอียดของทรานซิสเตอร์หมายเลข LM7805

UTC LM78XX LINEAR INTEGRATED CIRCUIT

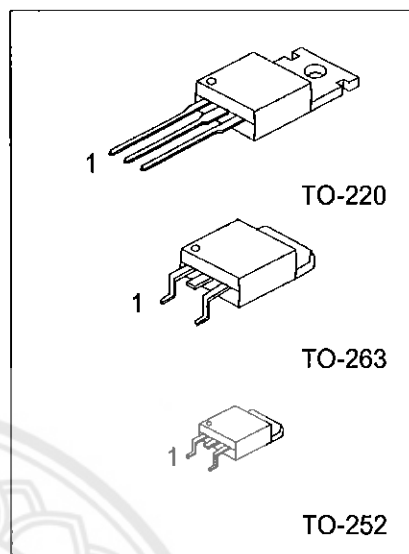
3-TERMINAL 1A POSITIVE VOLTAGE REGULATOR

DESCRIPTION

The UTC 78XX family is monolithic fixed voltage regulator integrated circuit. They are suitable for applications that required supply current up to 1 A.

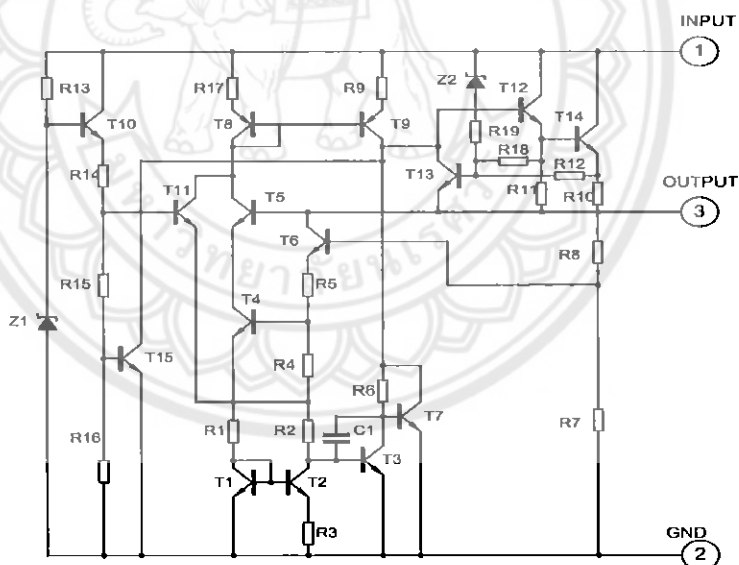
FEATURES

- *Output current up to 1.5 A
- *Fixed output voltage of 5V, 6V, 8V, 9V, 10V, 12V, 15V, 18V and 24V available
- *Thermal overload shutdown protection
- *Short circuit current limiting
- *Output transistor SOA protection



1: Input 2: GND 3: Output

TEST CIRCUIT



UTC LM78XX LINEAR INTEGRATED CIRCUIT

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

(Operating temperature range applies unless otherwise specified)

PARAMETER	SYMBOL	RATING	UNIT
Input voltage(for $V_o=5\sim 18V$) (for $V_o=24V$)	V_i	35	V
		40	V
Output Current	I_o	1	A
Power Dissipation	PD	Internally Limited	W
Operating Junction Temperature Range	T_{OPR}	-20 +150	°C
Storage Temperature Range	T_{STG}	-55 +150	°C

UTC LM7805 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

($V_i=10V$, $I_o=0.5A$, $T_j=0^\circ C - 125^\circ C$, $C_1=0.33\mu F$, $C_o=0.1\mu F$, unless otherwise specified)(Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
Output Voltage	V_o	$T_j=25^\circ C$, $I_o=5mA - 1.0A$	4.80	5.0	5.20	V
		$V_i=7.5V$ to $20V$, $I_o=5mA - 1.0A$, $PD<15W$	4.75		5.25	V
Load Regulation	ΔV_o	$T_j=25^\circ C$, $I_o=5mA - 1.5A$			50	mV
		$T_j=25^\circ C$, $I_o=0.25A - 0.75A$			25	mV
Line regulation	ΔV_o	$V_i=7V$ to $25V$, $T_j=25^\circ C$			50	mV
		$V_i=7.5V$ to $20V$, $T_j=25^\circ C$, $I_o=1A$			50	mV
Quiescent Current	I_q	$T_j=25^\circ C$, $I_o<1A$			8.0	mA
Quiescent Current Change	ΔI_q	$V_i=7.5V$ to $20V$			1.0	mA
	ΔI_q	$I_o=5mA - 1.0A$			0.5	mA
Output Noise Voltage	V_N	$10Hz<f<=100kHz$		40		μV
Temperature coefficient of V_o	$\Delta V_o/\Delta T$	$I_o=5mA$		-0.6		mV/°C
Ripple Rejection	RR	$V_i=8V - 18V$, $f=120Hz$, $T_j=25^\circ C$	62	80		dB
Peak Output Current	I_{PK}	$T_j=25^\circ C$			1.8	A
Short-Circuit Current	I_{SC}	$V_i=35V$, $T_j=25^\circ C$			250	mA
Dropout Voltage	V_d	$T_j=25^\circ C$		2.0		V

UTC LM7806 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

($V_i=11V$, $I_o=0.5A$, $T_j=0^\circ C - 125^\circ C$, $C_1=0.33\mu F$, $C_o=0.1\mu F$, unless otherwise specified)(Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
Output Voltage	V_o	$T_j=25^\circ C$, $I_o=5mA - 1.0A$	5.76	6.0	6.24	V
		$V_i=8.5V$ to $21V$, $I_o=5mA - 1.0A$, $PD<15W$	5.70		6.30	V
Load Regulation	ΔV_o	$T_j=25^\circ C$, $I_o=5mA - 1.5A$			60	mV
		$T_j=25^\circ C$, $I_o=0.25A - 0.75A$			30	mV
Line regulation	ΔV_o	$V_i=8V$ to $25V$, $T_j=25^\circ C$			60	mV
		$V_i=8.5V$ to $21V$, $T_j=25^\circ C$, $I_o=1A$			60	mV
Quiescent Current	I_q	$T_j=25^\circ C$, $I_o<1A$			8.0	mA
Quiescent Current Change	ΔI_q	$V_i=8.5V$ to $21V$			1.0	mA
	ΔI_q	$I_o=5mA - 1.0A$			0.5	mA
Output Noise Voltage	V_N	$10Hz<f<=100kHz$		45		μV
Temperature coefficient of V_o	$\Delta V_o/\Delta T$	$I_o=5mA$		-0.7		mV/°C
Ripple Rejection	RR	$V_i=9V - 19V$, $f=120Hz$, $T_j=25^\circ C$	59	75		dB

UTC LM78XX LINEAR INTEGRATED CIRCUIT

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
Peak Output Current	I _{PK}	T _J =25°C		1.8		A
Short-Circuit Current	I _{SC}	V _I =35V, T _J =25°C		250		mA
Dropout Voltage	V _D	T _J =25°C		2.0		V

UTC LM7808 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V_I=14V, I_O=0.5A, T_J= 0°C - 125°C, C₁=0.33μF, C_O=0.1μF, unless otherwise specified)(Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
Output Voltage	V _O	T _J =25°C, I _O =5mA - 1.0A	7.68	8.0	8.32	V
		V _I =10.5V to 23V, I _O =5mA - 1.0A, PD<15W	7.60		8.40	V
Load Regulation	ΔV _O	T _J =25°C, I _O =5mA - 1.5A			80	mV
		T _J =25°C, I _O =0.25A - 0.75A			40	mV
Line regulation	ΔV _O	V _I =10.5V to 25V, T _J =25°C			80	mV
		V _I =10.5V to 23V, T _J =25°C, I _O =1A			80	mV
Quiescent Current	I _Q	T _J =25°C, I _O <1A			8.0	mA
Quiescent Current Change	ΔI _Q	V _I =10.5V to 23V			1.0	mA
		I _O =5mA - 1.0A			0.5	mA
Output Noise Voltage	V _N	10Hz<=f<=100kHz		58		μV
Temperature coefficient of V _O	ΔV _O /ΔT	I _O =5mA		-0.9		mV/°C
Ripple Rejection	RR	V _I =11.5V to 21.5V, f=120Hz, T _J =25°C	56	72		dB
Peak Output Current	I _{PK}	T _J =25°C		1.8		A
Short-Circuit Current	I _{SC}	V _I =35V, T _J =25°C		250		mA
Dropout Voltage	V _D	T _J =25°C		2.0		V

UTC LM7809 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V_I=15V, I_O=0.5A, T_J= 0°C - 125°C, C₁=0.33μF, C_O=0.1μF, unless otherwise specified)(Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
Output Voltage	V _O	T _J =25°C, I _O =5mA - 1.0A	8.64	9.0	9.36	V
		V _I =11.5V to 24V, I _O =5mA - 1.0A, PD<15W	8.55		9.45	V
Load Regulation	ΔV _O	T _J =25°C, I _O =5mA - 1.5A			90	mV
		T _J =25°C, I _O =0.25A - 0.75A			45	mV
Line regulation	ΔV _O	V _I =11.5V to 25 V, T _J =25°C, PD<15W			90	mV
		V _I =11.5V to 24V, T _J =25°C, I _O <=1A			90	mV
Quiescent Current	I _Q	T _J =25°C, I _O <1A			8.0	mA
Quiescent Current Change	ΔI _Q	V _I =11.5V to 24V			1.0	mA
		I _O =5mA - 1.0A			0.5	mA
Output Noise Voltage	V _N	10Hz<=f<=100kHz		58		μV
Temperature coefficient of V _O	ΔV _O /ΔT	I _O =5mA		-1.1		mV/°C
Ripple Rejection	RR	V _I =12.5V to 22.5V, f=120Hz, T _J =25°C	56	72		dB
Peak Output Current	I _{PK}	T _J =25°C		1.8		A
Short-Circuit Current	I _{SC}	V _I =35V, T _J =25°C		250		mA
Dropout Voltage	V _D	T _J =25°C		2.0		V

UTC LM78XX LINEAR INTEGRATED CIRCUIT

UTC LM7810 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

($V_I=16V$, $I_o=0.5A$, $T_j=0^\circ C - 125^\circ C$, $C_1=0.33\mu F$, $C_o=0.1\mu F$, unless otherwise specified) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
Output Voltage	V_o	$T_j=25^\circ C$, $I_o=5mA - 1.0A$	9.60	10.0	10.40	V
		$V_I=12.5V$ to $25V$, $I_o=5mA - 1.0A$, $PD \leq 15W$	9.50		10.50	V
Load Regulation	ΔV_o	$T_j=25^\circ C$, $I_o=5mA - 1.5A$			100	mV
		$T_j=25^\circ C$, $I_o=0.25A - 0.75A$			50	mV
Line regulation	ΔV_o	$V_I=13V$ to $25V$, $T_j=25^\circ C$			100	mV
		$V_I=13V$ to $25V$, $T_j=25^\circ C$, $I_o \leq 1A$			100	mV
Quiescent Current	I_q	$T_j=25^\circ C$, $I_o < 1A$			8.0	mA
Quiescent Current Change	ΔI_q	$V_I=12.6V$ to $25V$			1.0	mA
		$I_o=5mA - 1.0A$			0.5	mA
Output Noise Voltage	V_N	$10Hz \leq f \leq 100kHz$		58		μV
Temperature coefficient of V_o	$\Delta V_o/\Delta T$	$I_o=5mA$		-1.1		$mV/^\circ C$
Ripple Rejection	RR	$V_I=13V - 23V$, $f=120Hz$, $T_j=25^\circ C$	56	72		dB
Peak Output Current	I_{PK}	$T_j=25^\circ C$		1.8		A
Short-Circuit Current	I_{SC}	$V_I=35V$, $T_j=25^\circ C$		250		mA
Dropout Voltage	V_d	$T_j=25^\circ C$		2.0		V

UTC LM7812 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

($V_I=19V$, $I_o=0.5A$, $T_j=0^\circ C - 125^\circ C$, $C_1=0.33\mu F$, $C_o=0.1\mu F$, unless otherwise specified) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
Output Voltage	V_o	$T_j=25^\circ C$, $I_o=5mA - 1.0A$	11.52	12.0	12.48	V
		$V_I=14.5V$ to $27V$, $I_o=5mA - 1.0A$, $PD < 15W$	11.40		12.60	V
Load Regulation	ΔV_o	$T_j=25^\circ C$, $I_o=5mA - 1.5A$			120	mV
		$T_j=25^\circ C$, $I_o=0.25A - 0.75A$			60	mV
Line regulation	ΔV_o	$V_I=14.5V$ to $30V$, $T_j=25^\circ C$			120	mV
		$V_I=14.6V$ to $27V$, $T_j=25^\circ C$, $I_o=1A$			120	mV
Quiescent Current	I_q	$T_j=25^\circ C$, $I_o < 1A$			8.0	mA
Quiescent Current Change	ΔI_q	$V_I=14.5V$ to $30V$			1.0	mA
		$I_o=5mA - 1.0A$			0.5	mA
Output Noise Voltage	V_N	$10Hz \leq f \leq 100kHz$		75		μV
Temperature coefficient of V_o	$\Delta V_o/\Delta T$	$I_o=5mA$		-1.5		$mV/^\circ C$
Ripple Rejection	RR	$V_I=15V - 25V$, $f=120Hz$, $T_j=25^\circ C$	55	72		dB
Peak Output Current	I_{PK}	$T_j=25^\circ C$		1.8		A
Short-Circuit Current	I_{SC}	$V_I=35V$, $T_j=25^\circ C$		250		mA
Dropout Voltage	V_d	$T_j=25^\circ C$		2.0		V

UTCLM78XX LINEAR INTEGRATED CIRCUIT

UTC LM7815 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

($V_i=23V$, $I_o=0.5A$, $T_j=0^\circ C - 125^\circ C$, $C_1=0.33\mu F$, $C_o=0.1\mu F$, unless otherwise specified)(Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
Output Voltage	V_o	$T_j=25^\circ C$, $I_o=5mA - 1.0A$	14.40	15.0	15.60	V
		$V_i=17.5V$ to $30V$, $I_o=5mA - 1.0A$, $PD<15W$	14.25		15.75	V
Load Regulation	ΔV_o	$T_j=25^\circ C$, $I_o=5mA - 1.5A$			150	mV
		$T_j=25^\circ C$, $I_o=0.25A - 0.75A$			75	mV
Line regulation	ΔV_o	$V_i=18.5V$ to $30V$, $T_j=25^\circ C$			150	mV
		$V_i=17.7V$ to $30V$, $T_j=25^\circ C$, $I_o=1A$			150	mV
Quiescent Current	I_q	$T_j=25^\circ C$, $I_o<1A$			8.0	mA
Quiescent Current Change	ΔI_q	$V_i=17.5V$ to $30V$			1.0	mA
	ΔI_q	$I_o=5mA - 1.0A$			0.5	mA
Output Noise Voltage	V_N	$10Hz \leq f \leq 100kHz$		90		μV
Temperature coefficient of V_o	$\Delta V_o/\Delta T$	$I_o=5mA$		-1.8		mV/ $^\circ C$
Ripple Rejection	RR	$V_i=18.5V$ to $28.5V$ $f=120Hz$, $T_j=25^\circ C$	54	70		dB
Peak Output Current	I_{PK}	$T_j=25^\circ C$		1.8		A
Short-Circuit Current	I_{sc}	$V_i=35V$, $T_j=25^\circ C$		250		mA
Dropout Voltage	V_d	$T_j=25^\circ C$		2.0		V

UTC LM7818 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

($V_i=27V$, $I_o=0.5A$, $T_j=0^\circ C - 125^\circ C$, $C_1=0.33\mu F$, $C_o=0.1\mu F$, unless otherwise specified)(Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
Output Voltage	V_o	$T_j=25^\circ C$, $I_o=5mA - 1.0A$	17.28	18.0	18.72	V
		$V_i=21V$ to $33V$, $I_o=5mA - 1.0A$	17.10		18.90	V
Load Regulation	ΔV_o	$T_j=25^\circ C$, $I_o=5mA - 1.5A$			180	mV
		$T_j=25^\circ C$, $I_o=0.25A - 0.75A$			90	mV
Line regulation	ΔV_o	$V_i=21V$ to $33V$, $T_j=25^\circ C$			180	mV
		$V_i=21V$ to $33V$, $T_j=25^\circ C$, $I_o<1A$, $PD<15W$			180	mV
Quiescent Current	I_q	$T_j=25^\circ C$, $I_o<1A$			8.0	mA
Quiescent Current Change	ΔI_q	$V_i=21.5V$ to $33V$			1.0	mA
	ΔI_q	$I_o=5mA - 1.0A$			0.5	mA
Output Noise Voltage	V_N	$10Hz \leq f \leq 100kHz$		110		μV
Temperature coefficient of V_o	$\Delta V_o/\Delta T$	$I_o=5mA$		-2.2		mV/ $^\circ C$
Ripple Rejection	RR	$V_i=22V - 32V$, $f=120Hz$, $T_j=25^\circ C$	53	69		dB
Peak Output Current	I_{PK}	$T_j=25^\circ C$		1.8		A
Short-Circuit Current	I_{sc}	$V_i=35V$, $T_j=25^\circ C$		250		mA
Dropout Voltage	V_d	$T_j=25^\circ C$		2.0		V

UTC LM78XX LINEAR INTEGRATED CIRCUIT

UTC LM7824 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

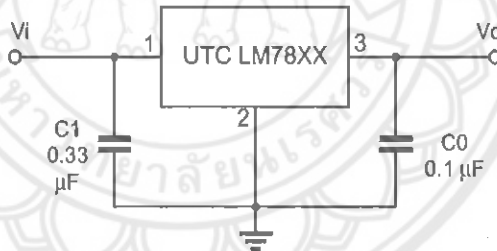
($V_I=33V, I_o=0.5A, T_j=0^\circ C - 12^\circ C, C_1=0.33\mu F, C_o=0.1\mu F$, unless otherwise specified)(Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
Output Voltage	V_o	$T_j=25^\circ C, I_o=5mA - 1.0A$	23.04	24.0	24.96	V
		$V_I=27V \text{ to } 38V, I_o=5mA - 1.0A$	22.80		25.20	V
Load Regulation	ΔV_o	$T_j=25^\circ C, I_o=5mA - 1.5A$			240	mV
		$T_j=25^\circ C, I_o=0.25A - 0.75A$			120	mV
Line regulation	ΔV_o	$V_I=27V \text{ to } 38V, T_j=25^\circ C$			240	mV
		$V_I=27V \text{ to } 38V, T_j=25^\circ C, I_o=1A$			240	mV
Quiescent Current	I_q	$T_j=25^\circ C, I_o < 1A$			8.0	mA
Quiescent Current Change	ΔI_q	$V_I=28V \text{ to } 38V$			1.0	mA
		$I_o=5mA - 1.0A$			0.5	mA
Output Noise Voltage	V_N	$10Hz \leq f \leq 100kHz$		170		μV
Temperature coefficient of V_o	$\Delta V_o/\Delta T$	$I_o=5mA$		-2.8		$mV/^\circ C$
Ripple Rejection	RR	$V_I=28V - 38V, f=120Hz, T_j=25^\circ C$	50	66		dB
Peak Output Current	I_{PK}	$T_j=25^\circ C$		1.8		A
Short-Circuit Current	I_{SC}	$V_I=35V, T_j=25^\circ C$		250		mA
Dropout Voltage	V_d	$T_j=25^\circ C$		2.0		V

Note 1: The Maximum steady state usable output current are dependent on input voltage, heat sinking, lead length of the package and copper pattern of PCB. The data above represents pulse test conditions with junction temperatures specified at the initiation of test.

Note 2: Power dissipation < 0.5W

APPLICATION CIRCUIT



Note 1: To specify an output voltage, substitute voltage value for "XX".

Note 2: Bypass capacitors are recommended for optimum stability and transient response and should be located as close as possible to the regulators.

ประวัติผู้ดำเนินโครงการ



ชื่อ นางสาวภัทสรวรรณ โล่พานิช
 ภูมิลำเนา 178/16 ต.ท่าอิฐ อ.เมืองอุตรดิตถ์ จ.อุตรดิตถ์ 53000
 ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจาก โรงเรียนอุตรดิตถ์ครุณี จ.อุตรดิตถ์
- ปัจจุบันกำลังศึกษาระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Email: Draco_heenim_slamander@hotmail.com



ชื่อ นางสาวอาภาวี สันติธรรม
 ภูมิลำเนา 8/1 ซอย.6 ถ.ใจแก้ว ต.หนองหอย อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50000

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจาก โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย จ.เชียงใหม่

- ปัจจุบันกำลังศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Email: Airpphero_lp@hotmail.com