

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบการปรับตำแหน่งลำแสงเลเซอร์แบบอัตโนมัติสำหรับเครื่อง SJB

A LASER BEAM AUTO ALIGNMENT SYSTEM FOR A SJB MACHINE



T110818



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....110818
วัน,เดือน,ปี.....18 ๒๕๐, 2553

b.....
i.....

ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบการปรับตำแหน่งลำแสงเลเซอร์แบบอัตโนมัติสำหรับเครื่อง SJB

A LASER BEAM AUTO ALIGNMENT SYSTEM FOR A SJB MACHINE



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A LASER BEAM AUTO ALIGNMENT SYSTEM FOR A SJB MACHINE



MR. SUPAT ITTATIRUT

MR. NIWAT SOISRI

MISS PRAEWORN PONGPAKDEE

THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN ELECTRONICS ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2009

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานเรื่อง

ระบบการปรับตำแหน่งลำแสงเลเซอร์แบบอัตโนมัติสำหรับเครื่อง SJB
(A LASER BEAM AUTO ALIGNMENT SYSTEM FOR A SJB MACHINE)

จัดทำโดย

นายสุพัฒน์ อิทธาธิรุช 49012030
นายนิวัฒน์ สร้อยศรี 49012035
นางสาวแพรวภรณ์ พงษ์ภักดี 49012036

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร. ศิริเดช บุญแสง



รายงานฉบับนี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

ลงชื่อ.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร. ศิริเดช บุญแสง)

วันที่ 17 มี.ค. 53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบการปรับตำแหน่งลำแสงเลเซอร์แบบอัตโนมัติสำหรับเครื่อง SJB

นาย สุวัฒน์ อิทธาธิรุช รหัส 49012030

นาย นิวัฒน์ สร้อยศรี รหัส 49012035

นางสาว แพรวภรณ์ พงษ์ภักดี รหัส 49012036

ดร. ศิริเดช บุญแสง อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2552

บทคัดย่อ

ระบบการปรับตำแหน่งลำแสงเลเซอร์แบบอัตโนมัติสำหรับเครื่อง SJB นี้เป็นแบบจำลองสำหรับการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นของเครื่อง Solder Jet Bonding (SJB) คือ ลำแสงเลเซอร์ที่ใช้ในการ Solder นั้น มีโอกาสที่จะไม่หักเหไปรวมแสงที่จุดโฟกัสตรงจุดศูนย์กลางของ Ball ทำให้ Ball ไม่สามารถละลายได้อย่างสมบูรณ์ เมื่อมีการอัดความดันอากาศไปที่ Ball เพื่อส่ง Ball ที่ละลายไปสู่ชิ้นงาน จะไม่สามารถส่ง Ball ไปได้หมด ทำให้บางส่วนสะสมอยู่ที่ Capillary tube หากปล่อยไว้ระยะเวลาหนึ่ง Ball จะสะสมเป็นจำนวนมาก จึงต้องเปลี่ยน Capillary tube ใหม่ซึ่งสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมาก กระบวนการในการแก้ไขคือ การปรับตำแหน่งของเลเซอร์ไกด์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ วงจรมอดูเลตเลเซอร์ไกด์ วงจรขยายและคีมอดูเลตสัญญาณ และ วงจรควบคุมการทำงานของมอเตอร์ในการขับเคลื่อนไมโครสเตจ

A LASER BEAM AUTO ALIGNMENT SYSTEM FOR A SJB MACHINE

Mr. Supat Ittatirut ID.49012030

Mr. Niwat Soisri ID.49012035

Miss Praewporn Pongpakdee ID.49012036

Dr. Siridech Boonsang Advisor

Educational Year 2009

Abstract

A laser beam auto alignment system for a SJB machine is modeled for solving the problem that occurs on the Solder Jet Bonding machine. In the current system, laser beam is not focused at the center of the ball causing the incomplete melting of the solder ball. Thus, when the air pressure activates in order to push the melted solder ball to the piece part, not all solder ball material is delivered to the target. The remaining un-melted solder ball would be left on the capillary tube. With time the un-melted solder material will be accumulated in the capillary tube to a large amount blocking the capillary tube, and eventually it has to be changed. This untimely change of capillary tube will increase the process cost significantly. Therefore, to rectify this problem, the adjustment of laser position guide is needed. The laser position guide adjustment can be divided into three parts, namely laser guide modulation circuit, signal amplifier and demodulation circuit, and microstage controller circuit.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยได้รับคำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษา ดร. ศิริเดช บุญแสง และรศ. ขนิษฐา แซ่ตั้ง ผศ.ประภากร สุวรรณะ และ ดร.สุรพันธ์ เอื้อไพบูรณ์ ที่ให้ความรู้เกี่ยวกับการวิเคราะห์วงจรต่างๆ พร้อมทั้งยังให้คำปรึกษาถึงปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำโครงการ และความช่วยเหลือจากรุ่นพี่ในห้องโปรเจก เพื่อนๆ และ คุณพ่อ คุณแม่ที่เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนเงินทุนมา โดยตลอด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
กิตติกรรมประกาศ	III
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 เนื้อหาและทฤษฎี	3
2.1 ภาคตัวส่งสัญญาณ	3
2.2 ตัวกลางนำสัญญาณ	4
2.3 ภาคตัวรับสัญญาณ	4
2.4 แสงเลเซอร์	4
2.4.1 แสงเลเซอร์คืออะไร	4
2.4.2 คุณสมบัติทั่วไปของแสงเลเซอร์	7
2.5 โฟโตไดโอด	8
2.5.1 โครงสร้างของโฟโตไดโอดชนิดต่างๆ	8
2.5.2 หลักการทำงานของโฟโตไดโอด	10
2.5.3 วงจรสมมูลของโฟโตไดโอด	12
2.5.4 เส้นกราฟลักษณะสมบัติของกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า	13
2.5.5 ลักษณะสมบัติของโฟโตไดโอด	14
2.5.6 การไบแอสย่อนโฟโตไดโอด	16
2.5.7 ความเร็วในการตอบสนอง	18
2.6 ควอดแดรนต์โฟโตไดโอด	19
2.7 สเตปมอเตอร์	21
บทที่ 3 การออกแบบและการคำนวณ	23
3.1 วงจรภาคส่งสัญญาณ	23
3.2 วงจรภาครับ	24
3.2.1 วงจรทรานส์อิมพีแดนซ์	29
3.2.2 วงจรขยายและกรองสัญญาณ	29
3.2.3 วงจรหาจุดสูงสุดของสัญญาณ	30
3.3 วงจรภาคระบบควบคุมไมโครสเตจ	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
3.3.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์	31
3.3.2 วงจรขับเคลื่อนสเตปมอเตอร์	35
3.3.2.1 วงจร Differential Amplifier	36
3.3.2.2 วงจร IC ULN 2003	36
3.3.2.3 วงจร Axis Driver	37
3.4 แหล่งจ่ายไฟ (Power Supply)	38
บทที่ 4 วิธีการทดสอบและผลการทดสอบ	39
4.1 การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างผลรวมศักดาของควอดแดรนต์ (V_{sum}) กับระยะจาก Laser coupling ถึง Laser coupling lens (Z)	39
4.1.1 เงื่อนไขการทดสอบ	39
4.1.2 วิธีการทดสอบ	39
4.1.3 ผลการทดสอบ	40
4.2 การทดสอบระบบการปรับตำแหน่งลำแสงเลเซอร์แบบอัตโนมัติ	42
4.2.1 เงื่อนไขการทดสอบ	42
4.2.2 วิธีการทดสอบ	42
4.2.3 ผลการทดสอบ	42
4.3 รูปสัญญาณที่จุดต่างๆในวงจรของระบบการปรับตำแหน่ง ลำแสงเลเซอร์แบบอัตโนมัติ	42
4.3.1 วิธีการทดสอบ	42
4.3.2 ผลการทดสอบ	43
4.3.2.1 ภาคส่งสัญญาณ	43
4.3.2.2 ภาครับสัญญาณ	44
4.3.3 วงจรภาคควบคุมไมโครสเตจ	46
บทที่ 5 วิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบประสิทธิภาพของวงจร	49
5.1 สรุปผลการทดสอบ	49
5.2 วิเคราะห์ผลการทดสอบ	49
หนังสืออ้างอิง	
ภาคผนวก	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 ภาพแสดงถึงโครงสร้างและหลักการทำงานของระบบ	3
รูปที่ 2.2 ตัวอย่างรายชื่อเลเซอร์ชนิดต่างๆ และความยาวคลื่นของแสงเลเซอร์	5
รูปที่ 2.3 ตัวอย่างเลเซอร์และกำลังเอาต์พุตของแสงเลเซอร์ชนิดต่างๆ	6
รูปที่ 2.4 ตัวอย่างโครงสร้างของโฟโตไดโอดชนิดต่างๆ	9
รูปที่ 2.5 ตัวอย่างภาพตัดขวางแสดงโครงสร้างพื้นฐานของของโฟโตไดโอดชนิดรอยต่อ pn	10
รูปที่ 2.6 แถบพลังงานของโฟโตไดโอดชนิดรอยต่อ pn	11
รูปที่ 2.7 วงจรสมมูลของโฟโตไดโอดชนิดรอยต่อ pn	12
รูปที่ 2.8 ลักษณะสมบัติของกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าในโฟโตไดโอด	13
รูปที่ 2.9 (ก) ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าลัดวงจร I_{sh} ของโฟโตไดโอด และความเข้มของแสงเอาต์พุต (ข) ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันวงจรเปิด V_{op} และความเข้มของแสงอินพุต	13
รูปที่ 2.10 ตัวอย่างลักษณะสเปกตรัมผลตอบสนองทางแสงของโฟโตไดโอดชนิดต่างๆ	15
รูปที่ 2.11 ตัวอย่างวงจรสำหรับไบแอสย้อนให้โฟโตไดโอด	16
รูปที่ 2.12 ความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาขาขึ้นของโฟโตไดโอดชนิดชิลิกอนและ แรงดันไบแอสย้อนซึ่งจะเห็นได้ว่าการไบแอสย้อนทำให้ช่วงเวลาขาขึ้นมีค่าสั้นลง	17
รูปที่ 2.13 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าเอาต์พุตของโฟโตไดโอดชนิดชิลิกอน และความเข้มของแสง โดยมีแรงดันไบแอสย้อน V_R เป็นพารามิเตอร์	17
รูปที่ 2.14 แสดงตัวอย่างการต่อวงจรจริงของรูปที่ 2.11 (ข) โดยมีโหลดความต้านทาน 50Ω ต่ออยู่	17
รูปที่ 2.15 (ก) และ (ข) ตัวอย่างรูปคลื่นผลตอบสนองของโฟโตไดโอดชนิดชิลิกอน (ค) ผลตอบสนองของโฟโตไดโอดกรณีแสงอินพุตมีรูปพัลส์แบบเดลตา	19
รูปที่ 2.16 ความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาขาขึ้น t_r ของโฟโตไดโอดชนิดชิลิกอน และโหลด R_L โดยมีพื้นที่รับแสงเป็นพารามิเตอร์	19
รูปที่ 2.17 ลักษณะทางกายภาพของควอดแดรนต์โฟโตไดโอด	20
รูปที่ 2.18 กราฟการตอบสนองของควอดแดรนต์โฟโตไดโอดในช่วงความยาวคลื่นต่างๆ	20
รูปที่ 2.19 รูปแสดงการทำงานของสเตปมอเตอร์	22
รูปที่ 3.1 วงจรภาคส่งสัญญาณ	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.2 วงจรมอดูเลตสัญญาณเลเซอร์	23
รูปที่ 3.3 แหล่งกำเนิดเลเซอร์รุ่น LQA664-45C และ ส่วนควบคุมเลเซอร์ไดโอด	24
รูปที่ 3.4 แสดงโครงสร้างของ Laser Coupling, Laser Coupling Lens และ Capillary Tube	24
รูปที่ 3.5 แสดงโครงสร้างทางกายภาพของตัวยี่ระหว่าง Coupling Lens , Capillary Tube และ Quadrant Photodiode	25
รูปที่ 3.6 แสดงโครงสร้างทางกายภาพของ Quadrant Photodiode	25
รูปที่ 3.7 วงจรภาครับสัญญาณ	27
รูปที่ 3.8 วงจรภาครับสัญญาณ 1 ควอดแรนท์	28
รูปที่ 3.9 วงจรทรานส์อิมพีแดนซ์	29
รูปที่ 3.10 วงจรขยายและวงจรกรองสัญญาณ	29
รูปที่ 3.11 วงจร Peak detector	30
รูปที่ 3.12 แสดงภาพ บอร์ด CP-PIC 877 V2	32
รูปที่ 3.13 ภาพแสดงการใช้งานพอร์ตต่างๆในบอร์ด CP-PIC 877 V2	32
รูปที่ 3.14 ภาพการอธิบายหลักการทำการควบคุมสเตปมอเตอร์	32
รูปที่ 3.15 ภาพแสดง Flowchart ย่อยของ โปรแกรมของระบบ	33
รูปที่ 3.16 ภาพแสดง Flowchart แบบสมบูรณ์ของ โปรแกรมในระบบ	34
รูปที่ 3.17 ภาพแสดงวงจรนับเคลื่อนสเตปมอเตอร์	35
รูปที่ 3.18 วงจรขยายความแตกต่าง	36
รูปที่ 3.19 IC ULN2003	36
รูปที่ 3.20 ภาพสเตปมอเตอร์แกนX	37
รูปที่ 3.21 ภาพสเตปมอเตอร์แกนY	37
รูปที่ 3.22 ภาพสเตปมอเตอร์แกนZ	37
รูปที่ 3.22 วงจรแหล่งจ่ายไฟสำหรับวงจรขยายสัญญาณ, วงจรกรองสัญญาณ , วงจรภาคส่ง	38
รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะทางกายภาพของการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างผลรวม ศักดาของควอดแดรนท์ (V_{sum}) กับระยะจาก Laser coupling ถึง Laser coupling lens (Z)	39
รูปที่ 4.2 ภาพจำลองการหักเหของลำแสงเลเซอร์ที่ผ่าน Laser coupling lens และ Capillary tube	41
รูปที่ 4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างผลรวมศักดาของควอดแดรนท์ (V_{sum}) กับระยะจาก Laser coupling ถึง Laser coupling lens (Z)	41

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.5 รูปสัญญาณที่เอาต์พุทของวงจรทรานส์อิมพีแดนท์	44
รูปที่ 4.6 รูปสัญญาณที่ผ่านการขยายด้วย Noninverting Amplifier	44
รูปที่ 4.7 สัญญาณที่ผ่านการกรองโดยใช้การเรโซแนนซ์ของ crystal	45
รูปที่ 4.8 รูปสัญญาณเอาต์พุทของวงจรภาครับที่เป็นสัญญาณ DC	45
รูปที่ 4.9 รูปสัญญาณเอาต์พุทของวงจรภาครับที่เป็นสัญญาณ AC หรือ ripple	46
รูปที่ 4.10 รูปสัญญาณอินพุทของวงจร differential amplifier	46
รูปที่ 4.11 รูปสัญญาณเอาต์พุทของวงจร differential amplifier	47
รูปที่ 4.12 รูปสัญญาณเอาต์พุทของ ULN 2003 ครั้งที่ 1	47
รูปที่ 4.13 รูปสัญญาณเอาต์พุทของ ULN 2003 ครั้งที่ 2	48



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างผลรวมศักดาของควอดแดนต์ (V_{sum}) กับระยะจาก Laser coupling ถึง Laser coupling lens (Z)	40
ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบการทำงานของระบบการปรับตำแหน่งลำแสงเลเซอร์แบบอัตโนมัติ	42



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ระบบการปรับตำแหน่งลำแสงเลเซอร์แบบอัตโนมัติสำหรับเครื่อง SJB

SJB Machine ย่อมาจาก Solder Jet Bonding machine เป็นเครื่องมือที่ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ในส่วนการบัดกรี(Solder)ที่ HGA (Head Gimbal Assembly) เพื่อนำไปเชื่อมต่อกับวงจรมอเตอร์ในส่วนอื่นๆ โดยกระบวนการในการบัดกรีนั้น เริ่มจากการใช้ Guide laser ที่ส่งมาจากเครื่องกำเนิดเลเซอร์ ส่งผ่านไปยัง Optical fiber แล้วไปรวมแสงที่จุดกึ่งกลางบน Ball โดยผ่าน Capillary tube เพื่อเป็นการนำร่องก่อนที่จะใช้ YAG laser ผ่านไปยัง Optical fiber แล้วไปฉายแสงที่จุดกึ่งกลางบน Ball เพื่อละลาย Ball แล้วใช้แรงดันอากาศ (Air pressure) ดันให้ Ball ที่ละลายแล้วผ่าน Capillary tube ไปยังชิ้นงานเพื่อการเชื่อมต่อ

ลักษณะของโครงการ

ปัญหาหนึ่งของเครื่อง Solder Jet Bonding (SJB) คือ ลำแสงเลเซอร์ที่ใช้ในการ Solder นั้น มีโอกาสที่จะไม่หักเหไปรวมแสงที่จุดโฟกัสตรงจุดศูนย์กลางของ Ball ทำให้ Ball ไม่สามารถละลายได้อย่างสมบูรณ์ เมื่อมีการอัดความดันอากาศไปที่ Ball เพื่อส่ง Ball ที่ละลายไปสู่ชิ้นงาน จะไม่สามารถส่ง Ball ไปได้หมด ทำให้บางส่วนสะสมอยู่ที่ Capillary tube หากปล่อยไว้ระยะเวลาหนึ่ง Ball จะสะสมเป็นจำนวนมาก จึงต้องเปลี่ยน Capillary tube ใหม่ซึ่งสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมาก เราสามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยใช้ระบบการปรับตำแหน่งเลเซอร์แบบอัตโนมัติ สำหรับเครื่อง SJB ซึ่งสามารถปรับตำแหน่งในแนวแกนสามมิติ ในเบื้องต้นเราใช้การปรับตำแหน่งของเลเซอร์ไกด์ก่อน เนื่องจากเป็นแสงที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า และนำมาמודูเลตแบบ AM เพื่อตัดสัญญาณรบกวนจากแสงอื่นๆ ก่อนที่ลำแสงจะไปตกที่ Quadrant photodiode ซึ่งจะนำลำแสง Modulated นี้ ไปผ่านวงจรมอเตอร์สำหรับแปลงกระแสให้เป็นศักดา และส่วนภาคขยาย ต่อมาผ่านวงจรวจรหาจุดสูงสุดของสัญญาณ แล้วไปสู่มอเตอร์คอนโทรลเลอร์เพื่อทำการวิเคราะห์สัญญาณและภาคขยาย ก่อนที่จะไปควบคุม Microstage ที่เชื่อมต่อกับ Clamp ที่ Coupling lens จากกระบวนการดังกล่าวจะทำให้เกิด Loop ที่จะสามารถปรับตำแหน่งเลเซอร์อัตโนมัติได้

ขอบเขตของโครงการ

1. สร้างแบบจำลองขนาดเล็กสำหรับศึกษาและทดลองเพื่อนำไปใช้ในทางปฏิบัติจริง
2. ใช้เลเซอร์ไกด์ซึ่งเป็นแสงสีแดง และสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า สำหรับการวิเคราะห์ระบบปรับตำแหน่งเลเซอร์ ซึ่งมีความยาวคลื่นเท่ากับ 664 nm
3. ระบบการปรับลำแสงเลเซอร์แบบอัตโนมัติสำหรับเครื่อง SJB นี้สามารถปรับตำแหน่งของ Laser Coupling ได้สามมิติ คือ แกน X แกน Y และแกน Z

รายงานฉบับนี้ได้จัดทำขึ้นเพื่อสำหรับการอธิบายการทำระบบการปรับตำแหน่งลำแสงเลเซอร์แบบอัตโนมัติสำหรับเครื่อง SJB ของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ ในรายงานฉบับนี้ประกอบด้วยทฤษฎี การอธิบายการทำงานของวงจรในการสร้าง หลักการออกแบบ การทดสอบ การแสดงผลการทดสอบ วิธีการคำนวณ วิเคราะห์และสรุปผลประสิทธิภาพของวงจร

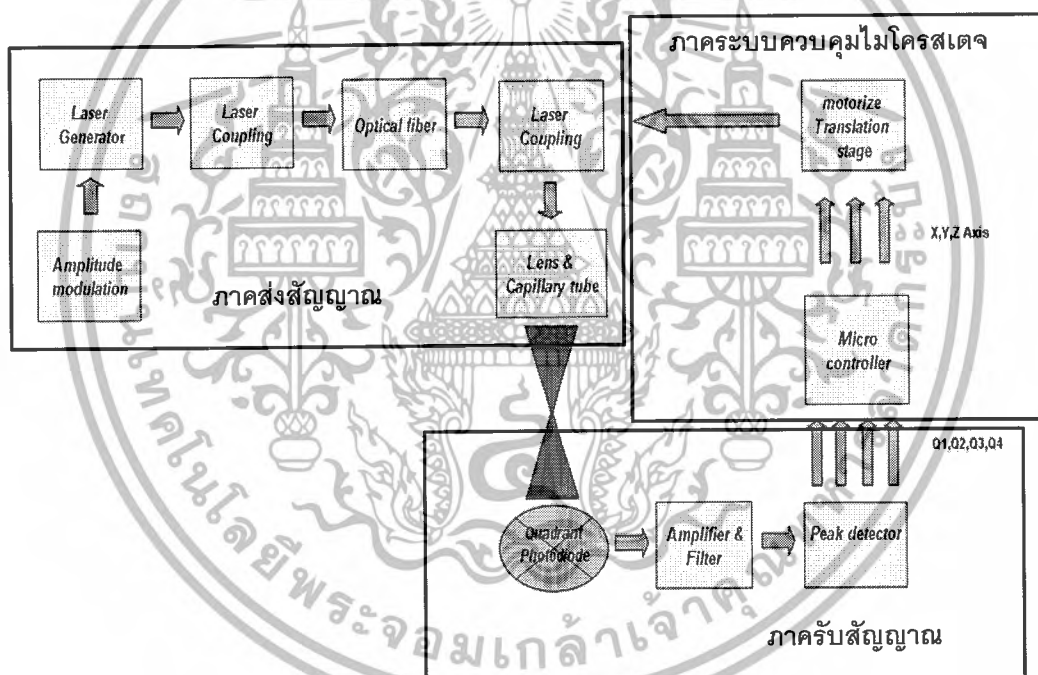


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

เนื้อหาและทฤษฎี

จากรูปที่ 2.1 แสดงถึงโครงสร้างและหลักการทำงานของระบบการปรับตำแหน่งลำแสงเลเซอร์แบบอัตโนมัติสำหรับเครื่อง SJB ประกอบด้วยภาคตัวส่งสัญญาณ ซึ่งใช้การมอดูเลตให้กับแหล่งกำเนิดเลเซอร์ส่งไปยังตัวกลางที่เป็นสายเส้นใยนำเส้น โดยมี Laser coupling เป็นตัวเชื่อมต่อ หลังจากนั้น ลำแสงจะมารวมแสงที่ Coupling lens จากนั้นแสงจะหักเหผ่าน Capillary tube แล้วตกกระทบในภาครับที่ Quadrant photodiode ซึ่งเป็นโฟโตไดโอดที่มีส่วนรับแสง 4 ส่วนในลักษณะระนาบพิคัด ต่อมาวงจรจะทำการขยาย กรองสัญญาณ และผ่านวงจรหาจุดสูงสุดของสัญญาณก่อนที่จะส่งสัญญาณทั้ง 4 ควอดแดรนต์ไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผล และทำการขับเคลื่อนสเตปมอเตอร์ ทำให้ระบบเกิดรูปในการทำงาน



รูปที่ 2.1 ภาพแสดงถึง โครงสร้างและหลักการทำงานของระบบ

2.1 ภาคตัวส่งสัญญาณ

ในการส่งสัญญาณนั้นจะมีการมอดูเลตสัญญาณเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าก่อนที่จะถูกส่งออกไปยังภาครับโดยตัวอินเตอร์เฟสด้านตัวส่งเพื่อทำหน้าที่ส่งสัญญาณไปยังภาครับ นั่นคือต้องเป็นระบบเดียวกัน สัญญาณที่ถูกส่งออกมาอาจอยู่ในรูปของสัญญาณแสง, สัญญาณ ไฟฟ้า หรือสัญญาณความถี่สูง สัญญาณนี้สามารถเดินทางผ่านตัวกลางอากาศ หรือสายนำสัญญาณ ขึ้นอยู่กับการออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ตัวกลางนำสัญญาณ

หากใช้สายสัญญาณเป็นตัวนำสัญญาณเป็นตัวนำจะเรียกว่า ระบบใช้สาย ซึ่งถ้าใช้ระบบไฟฟ้าเป็นสัญญาณควบคุม(ที่มีการจัดรูปแบบ หรือเข้ารหัสแล้ว) ก็จะใช้สายไฟเป็นตัวทำงาน แต่ถ้าหากใช้สัญญาณแสงเป็นตัวควบคุม ตัวนำสัญญาณจะเป็นเส้นใยแก้วนำแสง หรือไฟเบอร์ออปติก ในกรณีที่สัญญาณควบคุมถูกส่งไปในอากาศ เพื่อเดินทางไปยังเครื่องรับเช่น การใช้สัญญาณไฟฟ้าในรูปของคลื่นวิทยุ หรือการใช้สัญญาณแสงเลเซอร์โดยตรง ระบบนี้มีชื่อว่าระบบไร้สาย ระบบนี้เองที่กำลังเป็นที่นิยมกันอยู่ในมากปัจจุบัน

2.3 ภาคตัวรับสัญญาณ

สัญญาณเมื่อเข้ามายังภาครับก็จะมายังเครื่องรับสัญญาณหรือภาครับจะถูกตัวอินเตอร์เฟสแปลงสัญญาณ ให้อยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้าที่เข้ากับระบบของตัวรับ ก่อนที่ส่วนของอินเตอร์เฟสด้านเอาต์พุตจะทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ที่ต้องการ ตามลักษณะคำสั่งที่ได้รับ

2.4 แสงเลเซอร์

แสงเลเซอร์เรียกได้ว่าแสงมหัศจรรย์ แสงเลเซอร์เป็นแสงที่ไม่มีอยู่ตามธรรมชาติ แต่เป็นแสงที่เกิดจากการประดิษฐ์โดยฝีมือมนุษย์ แสงมีคุณสมบัติที่น่าพิศวงและสามารถนำไปใช้งานให้เกิดประโยชน์ได้มากมาย

2.4.1 แสงเลเซอร์คืออะไร

คำว่า เลเซอร์ (laser) ย่อมาจากคำเต็มในภาษาอังกฤษว่า "Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation" ซึ่งอาจแปลเป็นไทยได้ว่า "แสงที่ได้รับการขยายสัญญาณโดยการเปล่งแสงแบบเร่งเร็ว" หลักการทฤษฎีของเลเซอร์มีการศึกษากันมาตั้งแต่ต้นทศวรรษที่ 1950 โดยนักวิทยาศาสตร์หลายกลุ่ม และในที่สุด ค.ศ. 1954 กลุ่มของ C.H.Townes ก็ได้ประสบความสำเร็จในการสร้างเครื่องกำเนิดเมเซอร์ (MASER) โดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ยังออกมาได้นั้นมีคุณสมบัติที่มีความเป็น โคฮีเรนซ์ (coherence : อาพันธ์) และมีความยาวคลื่น 1.25 cm ซึ่งอยู่ในช่วงคลื่นไมโครเวฟ สารตัวกลางที่ใช้เป็นต้นกำเนิดเลเซอร์นั้นคือ แอมโมเนีย เลเซอร์มีสร้างขึ้นนั้นมีชื่อย่อมาจากคำว่า "Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation" ความสำเร็จของการสร้างเลเซอร์ในครั้งนั้นถือได้ว่าเป็นต้นกำเนิดของเทคโนโลยีเลเซอร์ในเวลาต่อมา

ในทศวรรษที่ 1950 นักวิทยาศาสตร์ในสมัยนั้นต่างก็คาดการณ์ไว้ว่าถ้าสามารถลดความยาวคลื่นแสงของเลเซอร์ให้ได้ลงมาถึงความยาวคลื่นแสงเมื่อไร ก็คงจะได้แสงที่มีคุณสมบัติที่แตกต่างไปจากแสงธรรมชาติอย่างที่เคยพบเห็นมาก่อนอย่างแน่นอน ดังนั้นการลดความยาวของคลื่นแสงของเลเซอร์ให้สั้นลงและเข้าสู่ย่านของคลื่นแสงในเวลาต่อมาจึงกลายเป็นต้นกำเนิดของเลเซอร์ (laser)

ใน ค.ศ. 1960 T. M. Maiman เป็นคนแรกที่ประสบผลสำเร็จในการประดิษฐ์เครื่องกำเนิด

เอกสารนี้เป็น แสงเลเซอร์ โดยมีทบทิมเป็นวัสดุตัวกลางชนิดแข็ง เขาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อเลเซอร์ หรือ แอ็กทิฟไอออน	ความยาวคลื่น (nm)		กำลังเอาต์พุตเฉลี่ย
	ช่วง	ส่วนใหญ่	
เลเซอร์ชนิดก๊าซและไอระเหย			
Argon	350-528	488, 514.5	2 mW - 20 W
Argon-fluoride	-	193	1 W - 50 W
Argon-krypton	450-670	-	500 mW - 6 W
Carbon dioxide	9,000-11,000	9,600-10,600	20 W - 15 kW
Carbon monoxide	5,000-7,000	-	-
Copper vapor	510-578	-	-
Deuterium fluoride	3,600-4,000	-	10 mW - 100W
Gold vapor	-	628	-
Helium-cadmium vapor	-	325, 442	2 mW - 50 mW
Helium-neon	543, 594, 604, 633, 1,152 3,391	543	100 μ W - 50 mW
Hydrogen fluoride	2,600-3,000	-	10 mW - 150 W
Krypton	350-800	647.1	5 mW - 6 W
Krypton fluoride	-	248	1 W - 100 W
Nitrogen	-	337	1 mW - 330mW
Xenon	-	540	-
Xenon chloride	-	308	1 W - 150 W
Xenon fluoride	-	351	1 W - 30 W
เลเซอร์ชนิดของแข็งไดโพลาร์เจือปน			
Alkali halide (F-center)	1,430 1,580 2,300 3,500	-	1 mW - 100 mW
Holmium	-	2,060	-
YAG-neodymium	-	1,064, 1,320	40 mW - 600 W
Ruby (chromium)	-	694	Pulse
เลเซอร์ชนิดแก้วไดโพลาร์เจือปน			
Erbium	-	1,540	-
Neodymium	-	1,060	Pulse
เลเซอร์ชนิดตายของเหลว 300-1,000			50 mW - 50 W

รูปที่ 2.3 ตัวอย่างเลเซอร์และกำลังเอาต์พุตของแสงเลเซอร์ชนิดต่างๆ

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า แสงเลเซอร์เป็นแสงที่มนุษย์สร้างขึ้น เป็นแสงที่มีคุณสมบัติต่างจากแสงที่มีอยู่ตามธรรมชาติ เช่น แสงจากดวงอาทิตย์ และเป็นแสงที่ต่างจากแสงจากหลอดไฟทั่วไป ตลอดจนมีความแตกต่างจากแสงจากวัตถุดำ แสงเลเซอร์เป็นแสงที่มนุษย์สร้างขึ้น โดยการควบคุมให้อะตอมหรือโมเลกุลเปล่งแสงออกมาอย่างเป็นระเบียบ แสงเลเซอร์มีคุณสมบัติต่างจากแสงทั่วไปดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) แสงเลเซอร์เป็นแสงสีเดียวที่มีสเปกตรัมเป็นเส้นคมและมีความกว้างของสเปกตรัมเข้าใกล้ศูนย์

การศึกษาแสงเลเซอร์ด้วยสเปกตรัม จะพบว่า มีลักษณะเป็นแสงสีเดียวที่มีสเปกตรัมเป็นเส้นคม ถ้าหากเราจะใช้ฟิลเตอร์พยายามกรองแสงสีขาวที่มีอยู่ตามธรรมชาติให้ได้แสงสีเดียวที่มีความยาวคลื่นเพียงค่าเดียวนั้น จะไม่สามารถทำได้ เพราะไม่มีฟิลเตอร์ที่สามารถทำงานได้เช่นนี้ หรือแม้จะใช้แผ่นสลิต และปริซึมคู่กัน ก็จะต้องบังคับให้รูของสลิตเล็กเข้าใกล้ศูนย์ ซึ่งจะส่งผลให้ความเข้มของแสงลดลงเข้าใกล้ศูนย์ จึงไม่มีประโยชน์ที่จะทำ

2) เลเซอร์เป็นแสงขนานที่เปรียบเสมือนกับเป็นแสงที่เปล่งออกมาจากต้นกำเนิดแบบจุดที่อยู่ไหลมากด้วยระยะทางเป็นอนันต์

ถ้าเราใช้เลนส์รวมแสงเลเซอร์ก็จะสามารถรวมแสงเลเซอร์ให้เป็นจุดที่มีขนาดเล็กมากได้ ในทางตรงกันข้าม เราไม่สามารถรวมแสงธรรมชาติ เช่นแสงจากดวงอาทิตย์ให้เป็นจุดจริงๆได้

3) แสงเลเซอร์เป็นแสงขนานที่บานออกน้อยมาก

ตัวอย่างเช่น ถ้าเรายิงแสงเลเซอร์ที่มีความยาวคลื่น $1 \mu\text{m}$ และมีเส้นผ่านศูนย์กลางของบีม 50 cm ให้ออกจากโลกไปสู่ดวงจันทร์ เมื่อแสงเลเซอร์เดินทางไปถึงดวงจันทร์บีมของแสงจะเพิ่มขึ้นเป็น 1 km เท่านั้น

สาเหตุของการบานออกของแสงเลเซอร์นี้ เพราะเกิดจากการหักเหของแสงที่วิ่งผ่านชั้นบรรยากาศโลก ถ้าเราเปรียบเทียบกับแสงของไฟฉายหรือสปอตไลท์ จะพบว่าแสงบานออกมากทันทีที่ออกจากแหล่งกำเนิด

4) แสงเลเซอร์เป็นคลื่นแสงที่มีรูปไซน์อย่างสม่ำเสมอ

แสงเลเซอร์ที่ถูกส่งออกมาจากแหล่งกำเนิดจะมีรูปคลื่นแบบไซน์ (sine wave) ที่สวยงามและสม่ำเสมอ แต่ถ้าเป็นแสงธรรมชาติจะมีความถี่หลายค่าผสมกัน และเฟสของคลื่นแต่ละความถี่ก็ไม่เท่ากัน แสงเลเซอร์เป็นแสงที่มีเฟสของคลื่นเพียงเฟสเดียวและมีความสามารถในการทำให้เกิดปรากฏการณ์แทรกสอด (interference) ได้ดีเยี่ยม

2.4.2 คุณสมบัติทั่วไปของแสงเลเซอร์

1. เป็นแสงสีเดียว ในทางทฤษฎีแล้วความกว้างของความถี่ของเส้นสเปกตรัมมีค่าน้อยมากเพียงไม่กี่ Hz
2. มีความขนานของลำแสงดีมาก
3. สามารถรวมแสงเลเซอร์ให้เป็นจุดสเปกตรัมที่เล็กมากๆ ได้ดี
4. มีความเข้มของพลังงาน (energy density) ที่สูงมาก
5. มีโคฮีเรนซ์ที่ดีมาก
6. สามารถรวมพลังงานของแสงไว้มากๆ แล้วจึงออกมาเป็นแสงพัลส์ที่มีพลังงานสูงมากๆ

ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 โฟโตไดโอด

โฟโตไดโอด (photodiode) เป็นสิ่งประดิษฐ์ตรวจจับแสงชนิดโฟโตอิเล็กทริกแบบภายใน (internal photoelectric) มีโครงสร้างพื้นฐานเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดรอยต่อ pn เมื่อมีแสงตกกระทบบที่รอยต่อ pn จะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าและแรงดันขึ้น โดยความหมายกว้างๆแล้วอาจรวมเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยก็ได้ แต่โดยทั่วไปเมื่อกล่าวถึงโฟโตไดโอดจะหมายถึงเซนเซอร์ชนิดหนึ่งที่สามารถเปลี่ยนสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้าแล้วใช้ตรวจวัดความเข้มของแสง ปัจจุบัน โฟโตไดโอดแบบรอยต่อ pn มีราคาไม่แพงและมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายในอุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ และมีการผลิตโฟโตไดโอดจากวัสดุสารกึ่งตัวนำชนิดต่างๆ เช่น Si, GaAs, GaAsP และ GaP ซึ่งไวต่อแสงในย่านความยาวคลื่นต่างๆกัน สำหรับในระบบการสื่อสารด้วยแสงนิยมใช้โฟโตไดโอดชนิดพิเศษที่ทำงานได้รวดเร็วมากคือ พินโฟโตไดโอดและอะวาลันซ์โฟโตไดโอด ในที่นี้กล่าวถึงโครงสร้างและหลักการการทำงานพื้นฐานของโฟโตไดโอดแบบ pn เท่านั้น

2.5.1 โครงสร้างของโฟโตไดโอดชนิดต่างๆ

ปัจจุบันนี้มีการพัฒนาให้โฟโตไดโอดมีโครงสร้างและคุณสมบัติเด่นแตกต่างกันออกไปมากมายหลายชนิด เช่น

- โฟโตไดโอดชนิดรอยต่อ pn (pn photodiode) และแบ่งออกเป็น
 - ชนิดแพลงนาร์ดิฟฟิวชัน (planar diffusion)
 - ชนิดแพลงนาร์ดิฟฟิวชันที่มีความจุไฟฟ้าต่ำ (low capacitance planar diffusion)
 - ชนิดรอยต่อ pnn⁺
- พินโฟโตไดโอด (pin photodiode)
- โฟโตไดโอดชนิดรอยต่อชอตต์กี (Schottky photodiode)
- อะวาลันซ์โฟโตไดโอด (Avalanche photodiode)

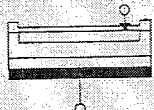
โฟโตไดโอดทั้งหมดเหล่านี้มีคุณสมบัติโดดเด่นทั่วไปคือ

1. สัญญาณเอาต์พุตเปลี่ยนแปลงตามความเข้มของแสงอินพุตแบบเชิงเส้นได้ดี (excellent linearity)
2. มีสัญญาณรบกวนต่ำ (low noise)
3. ตอบสนองต่อแสงในช่วงความยาวคลื่นแสงที่กว้าง (wide spectral response)
4. มีความคงทนทางกลศาสตร์ (mechanical ruggedness)
5. มีขนาดกะทัดรัดและเบา (compact & light weight)
6. มีอายุการใช้งานยาวนาน (long life time)

จากรูป แสดงตัวอย่างโครงสร้างของโฟโตไดโอดชนิดต่างๆ จุดเด่นของโฟโต

ไดโอดชนิดต่างๆสามารถสรุปโดยสังเขปได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โฟโตไดโอดชนิดต่าง ๆ	คุณสมบัติเด่น
 โฟโตไดโอดชนิดซิลิคอน	กระแสไฟฟ้ามืดมีค่าน้อย
 โฟโตไดโอดชนิดซิลิคอนที่มีความจุไฟฟ้าต่ำ	กระแสไฟฟ้ามืดมีค่าน้อย ตอบสนองเร็ว และมีความไวสูง
 โฟโตไดโอดชนิด pnn ⁺ ซิลิคอน	กระแสไฟฟ้ามืดมีค่าน้อย ตอบสนองเร็ว และมีความไวสูง ตัดทอนแสงอินฟราเรด
 พินโฟโตไดโอดชนิดซิลิคอน	ตอบสนองเร็วมาก
 โฟโตไดโอดชนิดขอตต์กีของ GaAsP, GaP	ตอบสนองแสงย่านอัลตราไวโอเลต
 อะวาลานซ์โฟโตไดโอดชนิดซิลิคอน	มีความสามารถขยายสัญญาณ ตอบสนองเร็วมาก

รูปที่ 2.4 ตัวอย่างโครงสร้างของโฟโตไดโอดชนิดต่างๆ

1. โฟโตไดโอดชนิดแพลนาร์ดีฟิวชัน (Planar diffusion type) มีโครงสร้างเป็นรอยต่อ pn และมีฉนวน SiO_2 เคลือบทับ มีกระแสไฟฟ้ามืดมีค่าน้อย วัสดุที่ใช้ได้แก่ Si GaAsP GaP Ge และ GaAs เป็นต้น

2. โฟโตไดโอดชนิดแพลนาร์ดีฟิวชันที่มีความจุไฟฟ้าต่ำ (Low capacitance planar diffusion type) เป็นชนิดที่ออกแบบให้สารเจือปนในชั้น n มีปริมาณน้อย ทำให้ชั้น n มีความต้านทานสูงและชั้นปลอดพาหะค่อนข้างหนา เป็นผลให้ค่าความจุไฟฟ้าที่รอยต่อมีค่าน้อย ทำให้โฟโตไดโอดชนิดนี้ทำงานได้รวดเร็วมาก ช่วงเวลาขาขึ้นมีค่าเพียง 1 ใน 10 ของชนิดแรก นอกจากนี้เนื่องจากชั้น p มีความบางมาก จึงตอบสนองต่อแสงความยาวคลื่นสั้นได้ดี

3. โฟโตไดโอดชนิดรอยต่อ pnn⁺ สารกึ่งตัวนำชั้น n⁺ มีค่าสภาพความต้านทานต่ำโดยการโด๊ปด้วยสารเจือปนปริมาณมากๆ และชั้น n⁺ หนาหลายๆจนทำให้ที่รอยต่อระหว่างชั้น n และชั้น n⁺ เปรียบเสมือนชั้นปลอดพาหะ ลักษณะเช่นนี้จะทำให้ไม่มีผลตอบสนองต่อแสงอินฟราเรด จึงใช้วัดแสงความยาวคลื่นสั้นได้ดี

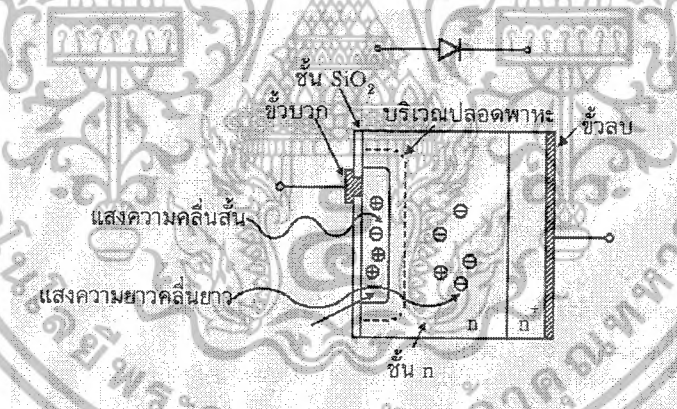
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. โฟโตไดโอดชนิดรอยต่อ pin หรือพินโฟโตไดโอด ที่บริเวณตรงระหว่างชั้น p และ n มีการใส่ชั้นสารกึ่งตัวนำชนิดบริสุทธิ์ (intrinsic ย่อว่า i) ทำให้โฟโตไดโอดทำงานได้รวดเร็วมากเป็นพิเศษ เพราะชั้น i หนาและมีค่าคาปาซิแตนซ์น้อยมาก ในการใช้งานจะใช้วิธีไบแอสย้อนจึงทำให้กระแสไฟรั่วมีค่าน้อย

5. โฟโตไดโอดชนิดรอยต่อชอตต์กี (Schottky photodiode) เป็นโฟโตไดโอดรอยต่อชอตต์กีแบบรีเรียร์ ใช้วิธีเคลือบโลหะที่บางมากๆ ลงบนที่ผิวสารกึ่งตัวนำให้มีคุณสมบัติเป็นรอยต่อชอตต์กีแบบรีเรียร์ เช่น เคลือบทองคำลงบน GaAsP ชนิด n เนื่องจากโลหะที่เคลือบนั้นบางมาก ดังนั้น โฟโตไดโอดชนิดนี้จึงตอบสนองต่อแสงตั้งแต่ย่านมองเห็นไปจนถึงย่านอัลตราไวโอเล็ตได้ดี

6. โฟโตไดโอดชนิดอะวอลานซ์ (Avalanche photodiode) เป็นโฟโตไดโอดที่มีการขยายสัญญาณอยู่ภายในทำงานโดยการใช้สนามไฟฟ้าสูงป้อนเข้าสู่รอยต่อ pn แบบย้อนกลับจนทำให้พาหะที่ถูกกระตุ้นด้วยแสงถูกเร่งให้วิ่งไปชนกับอะตอมตัวอื่นๆ และเกิดอิเล็กตรอนชุดที่สอง (secondary electrons) ขึ้นมาใหม่ และกระบวนการเช่นนี้เกิดขึ้นซ้ำๆ กันเรียกว่า ปรากฏการณ์อะวอลานซ์ (avalanche effect) ทำให้สามารถตรวจวัดแสงที่มีความเข้มขึ้นต่ำมากๆ ได้ดี เพราะโฟโตไดโอดชนิดนี้มีกลไกของการขยายสัญญาณอยู่ภายใน นอกจากนี้ก็มีการตอบสนองที่รวดเร็วมากด้วย

2.5.2 หลักการทำงานของโฟโตไดโอด



รูปที่ 2.5 ตัวอย่างภาพตัดขวางแสดงโครงสร้างพื้นฐานของของโฟโตไดโอดชนิดรอยต่อ pn

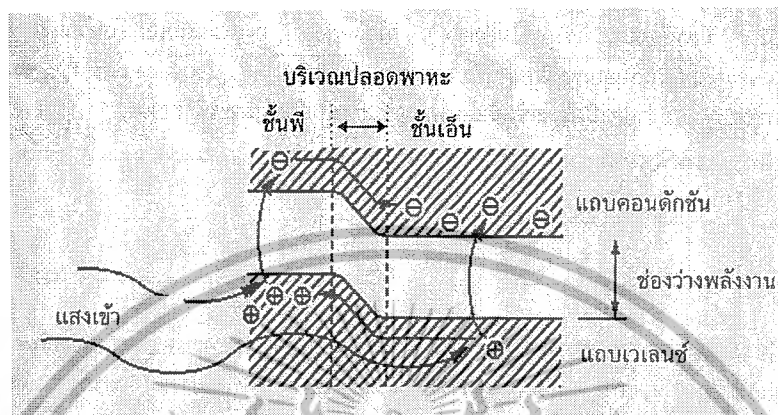
จากรูปที่ 2.5 แสดงภาพตัดขวางของโฟโตไดโอด ที่ด้านรับแสงเป็นสารกึ่งตัวนำชนิด p และต่อติดกับชนิด n เป็นรอยต่อ pn ที่รอยต่อ pn นี้ทำหน้าที่เป็นส่วนเปลี่ยนสัญญาณแสงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าด้วยกระบวนการโฟโตโวลตาอิก (photovoltaic effect) ในกรณีโฟโตไดโอดที่ทำจากวัสดุซิลิกอนนั้น ชั้น p เตรียมได้จากการแพร่ซึม ธาตุโบรอน (B) เข้าสู่ซิลิกอนด้วยความลึกประมาณ $1 \mu\text{m}$ ที่บริเวณตรงกลางรอยต่อ pn เป็นย่านปลอดพาหะ

เมื่อมีแสงตกกระทบโฟโตไดโอด และถ้าพลังงานโฟตอนของแสงมีค่ามากกว่า

เอกสารนี้เป็นช่องว่างพลังงานของสารกึ่งตัวนำ กล่าวคือถ้า การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$h\nu \geq E_g \quad (2.1)$$

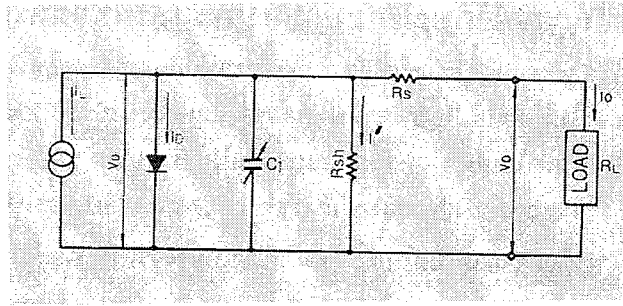
แสงก็จะถูกสารกึ่งตัวนำดูดกลืน โดยพลังงานโฟตอนของแสงจะไปกระตุ้นให้อิเล็กตรอนกระโดดจากแถบเวเลนซ์ขึ้นไปสู่แถบคอนดักชัน และที่แถบเวเลนซ์จะเหลือโฮลอยู่



รูปที่ 2.6 แถบพลังงานของโฟโตไดโอดชนิดรอยต่อ pn

รูปที่ 2.6 แสดงลักษณะแถบพลังงานของโฟโตไดโอดชนิดรอยต่อ pn การเกิดคู่อิเล็กตรอนและโฮลนั้นเกิดขึ้นได้ทั้งในชั้น p ชั้นปลอดพาหะ และชั้น n อิเล็กตรอนที่เกิดในแถบคอนดักชันในชั้น p จะแพร่กระจายไปสู่ชั้น n และอิเล็กตรอนที่เกิดในแถบคอนดักชันในชั้นปลอดพาหะจะถูกศักย์ไฟฟ้าภายใน (built-in potential) พัดพาให้วิ่งไปสู่ชั้น n ส่วนกรณีโฮลก็จะไหลในทิศตรงกันข้ามกับอิเล็กตรอน กล่าวคือ จะไหลจากแถบเวเลนซ์ในชั้น n หรือชั้นปลอดพาหะไปสู่ชั้น p จำนวนของการเกิดคู่อิเล็กตรอนและโฮลนี้จะแปรผันตรงกับจำนวนโฟตอนของแสง (photo flux) ที่สารกึ่งตัวนำดูดกลืน อิเล็กตรอนที่สะสมในชั้น n มีประจุไฟฟ้าเป็นลบ และโฮลที่ไปสะสมในชั้น p จะทำให้ชั้น p มีประจุไฟฟ้าเป็นบวก ต่อจากนั้นถ้าเราต่อโฟโตไดโอดกับวงจรภายนอก อิเล็กตรอนก็จะไหลออกจากชั้น n และโฮลก็จะไหลออกจากชั้น p ไปสู่วงจรภายนอก

2.5.3 วงจรสมมูลของโฟโตไดโอด



รูปที่ 2.7 วงจรสมมูลของโฟโตไดโอดชนิดรอยต่อ pn

วงจรสมมูลของโฟโตไดโอดแสดงใน รูปที่ 2.7 โดยที่พารามิเตอร์ต่างๆนั้นคือ

- I_L : กระแสไฟฟ้าโฟโตที่เกิดจากแสง I_D : กระแสไฟฟ้ามืดในไดโอด
 C_j : ความจุไฟฟ้าที่รอยต่อ pn R_{sh} : ความต้านทานชั้นดี
 R_s : ความต้านทานอนุกรม I' : กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_{sh}
 V_D : แรงดันไฟฟ้าคร่อมไดโอด I_0 : กระแสไฟฟ้าเอ๊าท์พุท
 V_o : แรงดันไฟฟ้าเอ๊าท์พุท

จากวงจรนี้ สามารถคำนวณกระแสไฟฟ้าเอ๊าท์พุท I_0 ได้ว่า

$$I_0 = I_L - I_D - I' = I_L - I_S \left(\exp \frac{eV_D}{kT} - 1 \right) - I' \quad (2.2)$$

I_S ในสมการนี้คือกระแสไฟฟ้าไหลย้อนกลับอิมิตัวของโฟโตไดโอด จากสมการนี้เราสามารถคำนวณค่าแรงดันเอ๊าท์พุทวงจรเปิด V_{op} ได้จากการให้ $I_0 = 0$ นั่นคือ

$$V_{op} = \frac{kT}{e} \ln \left(\frac{I_L - I'}{I_S} + 1 \right) \quad (2.3)$$

ถ้า I' มีค่าน้อยมาก เราอาจไม่คิดค่า I' ก็ได้ ส่วน I_S จะเพิ่มแบบเอกโพเนนเชียลกับอุณหภูมิ ดังนั้น V_{op} จะแปรผกผันกับอุณหภูมิ กล่าวคือ ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้น V_{op} จะลดลง และ V_{op} จะแปรผันตรงกับ I_L แบบ $\ln I_L$ แต่ถ้าแสงมีค่าความเข้มขึ้นน้อยมาก ความสัมพันธ์เหล่านี้จะไม่ชัดเจน

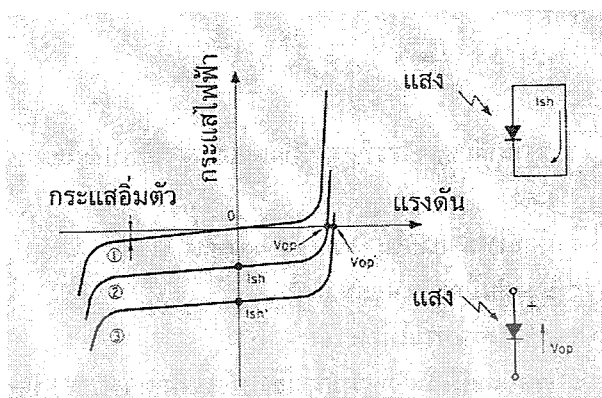
ค่ากระแสไฟฟ้าเอ๊าท์พุทลัดวงจร I_{sh} คำนวณได้จากการให้ $R_L = 0$ และ $V_o = 0$ ดังนั้น

$$I_{sh} = I_L - I_S \left(\exp \frac{e(I_{sh} \cdot R_s)}{kT} - 1 \right) - \frac{I_{sh} \cdot R_s}{R_{sh}} \quad (2.4)$$

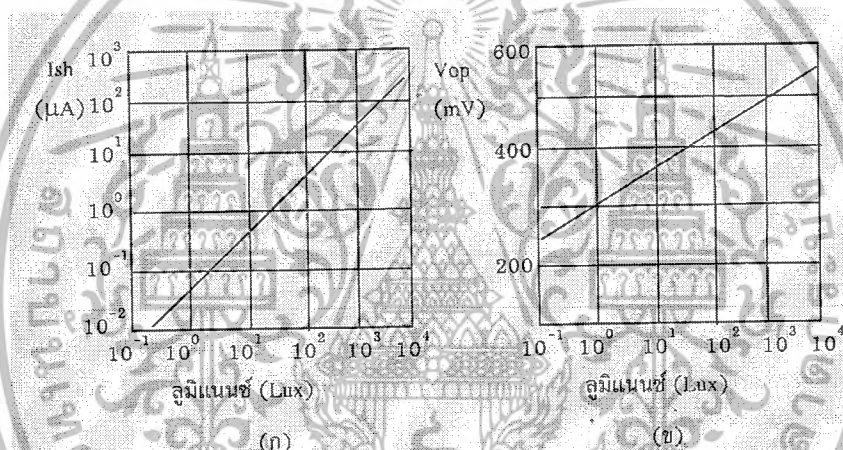
ในสมการนี้ พจน์ทางขวาพจน์ที่ 2 และ 3 จะเป็นตัวกำหนดลักษณะความเป็นเชิงเส้นของ I_{sh} ถ้า R_s มีค่าไม่เกิน 10Ω และถ้า R_{sh} มีค่าระหว่าง $10^7 \sim 10^{11} \Omega$ จะทำให้สามารถตัดพจน์ที่ 2 และ 3 ทางขวาทิ้งได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4 เส้นกราฟลักษณะสมบัติของกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า



รูปที่ 2.8 ลักษณะสมบัติของกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าใน โฟโตไดโอด
 เส้นหมายเลข 1 แสดงในสภาพมืดและมีรูปร่างเหมือนของไดโอดทั่วไป
 เส้นหมายเลข 2 และ 3 แสดงในสภาพมีแสงและเส้นกราฟจะเคลื่อนลงด้านล่าง



รูปที่ 2.9 (ก) ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าลัดวงจร I_{sh} ของโฟโตไดโอด
 และความเข้มของแสงเอาที่พุด
 (ข) ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันวงจรเปิด V_{op} และความเข้มของแสง
 อื่นพุด

ในขณะที่ยังไม่ส่องแสงเข้าสู่โฟโตไดโอด ลักษณะสมบัติของกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าในสภาพมืดจะมีรูปร่างเหมือนของไดโอดที่ใช้เป็นตัวเรกติฟายเออร์ดังแสดงในรูปที่ 2.8 (เส้นหมายเลข 1) เมื่อส่องแสงเข้าสู่โฟโตไดโอดจะทำให้เส้น I-V เลื่อนแบบขนานไปสู่หมายเลข 2 และถ้าความเข้มของแสงมากขึ้นก็จะกลายเป็นหมายเลข 3 ในขณะที่กำลังส่องแสงอยู่ถ้าเราทำการวัดกระแสลัดวงจรโฟโตไดโอดจะได้ค่า I_{sh} หรือ I'_{sh} โดยกระแสไฟฟ้าจะไหลจากแคโทดไปสู่แอโนด ถ้าเป็นวงจรเปิดเราจะได้แรงดันวงจรเปิด V_{op} หรือ V'_{op} และโดยทั่วไปกระแสไฟฟ้าลัดวงจร I_{sh} จะเปลี่ยนแปลงกับความเข้มของแสงในลักษณะเชิงเส้นตรงที่ตีมาดังรูปที่ 2.9 (ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าความเข้มของแสงอยู่ในช่วง 10^{-12} - 10^{-3} (W) I_{sh} จะเปลี่ยนแบบเชิงเส้นตรงประมาณ 6-8 หลัก ความเข้มของแสงที่ต่ำที่สุดที่ยังคงทำให้ I_{sh} เปลี่ยนแปลงเชิงเส้นตรงจะขึ้นกับค่า NEP (Noise Equivalent Power) ของโฟโตไดโอด ส่วนความเข้มของแสงที่สูงที่สุดที่ยังคงทำให้ I_{sh} เป็นเส้นตรงจะขึ้นกับค่าความต้านทานของโหลดและแรงดันไบแอสย้อนตามสมการต่อไปนี้

$$P_{max} = \frac{V_{Bi} + V_R}{(R_s + R_L) \cdot R_\lambda} \quad (2.5)$$

โดยที่

P_{max} : ความเข้มของแสงที่สูงสุดที่กระแสไฟฟ้ายังเปลี่ยนแปลงแบบเชิงเส้นตรงกับความเข้มของแสง

V_{Bi} : ศักย์ไฟฟ้าภายใน (built-in potential) (V)

V_R : แรงดันป้อนย้อนกลับ (V)

R_L : ความต้านทานโหลด (Ω)

R_λ : เรสปอนซิวิตีหรือความไวของโฟโตไดโอด (A/W) ที่ความยาวคลื่น λ

R_s : ความต้านทานอนุกรม (Ω)

2.5.5 ลักษณะสมบัติของโฟโตไดโอด

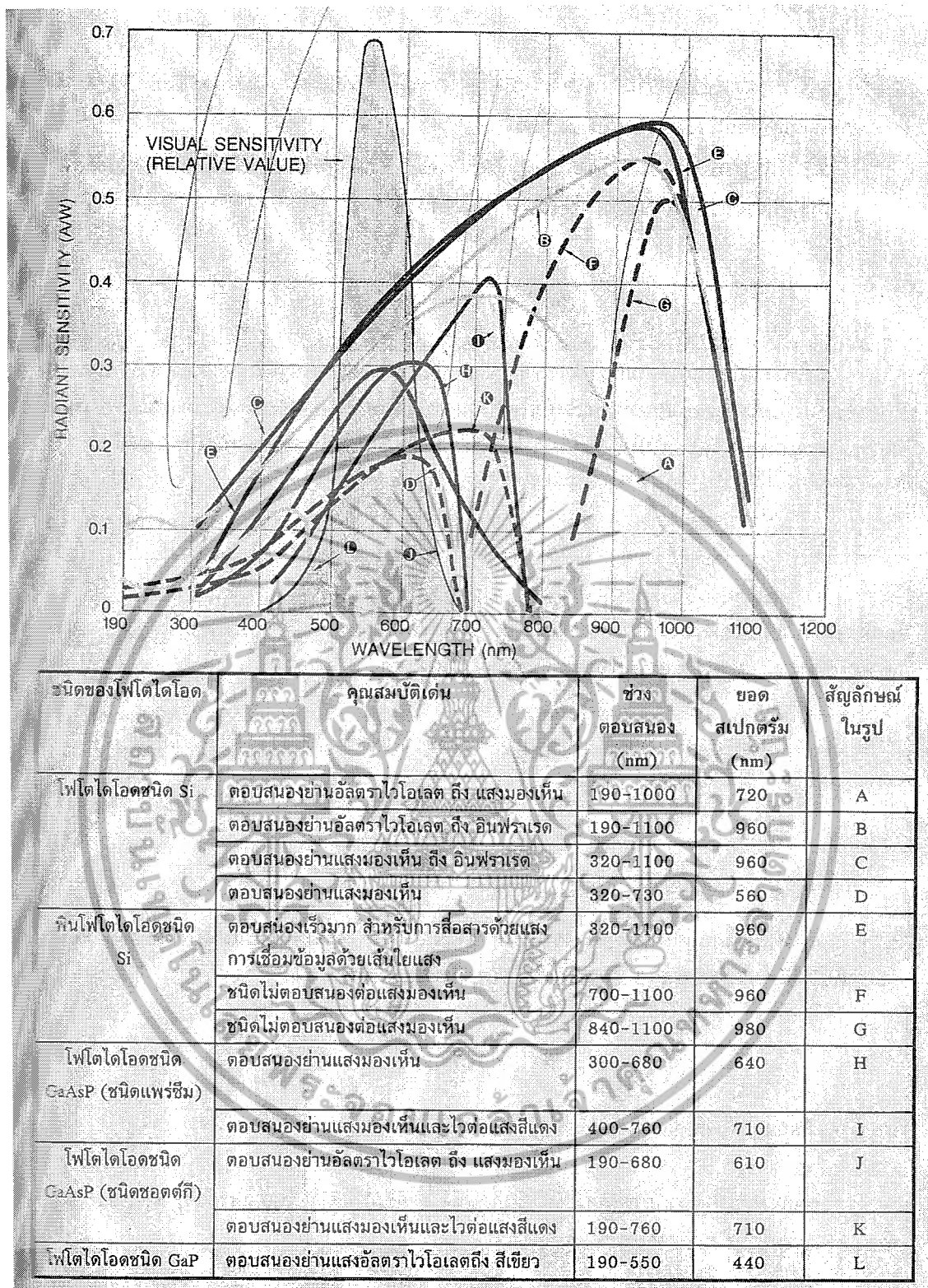
2.5.5.1 สเปกตรัมผลตอบสนอง

ถ้าพลังงานโฟตอนของแสงมีค่าน้อยกว่าช่องว่างพลังงานของสารกึ่งตัวนำ (E_g) จะไม่เกิดการดูดกลืนแสง ความยาวคลื่นของแสงที่จะถูกดูดกลืนได้จะต้องมีค่าดังนี้

$$\lambda \leq \frac{1240}{E_g} \quad (nm) \quad (2.6)$$

ตัวอย่างเช่น ที่อุณหภูมิห้อง ฤทธิ์ของวัสดุ Si มีค่า E_g เท่ากับ 1.1 eV ดังนั้นความยาวคลื่นของแสงที่ถูกดูดกลืนด้วย Si จะต้องสั้นกว่า 1,100 nm หรือฤทธิ์ของวัสดุ GaAs มีค่า E_g เท่ากับ 1.4 eV ดังนั้นความยาวคลื่นแสงของแสงที่จะถูกดูดกลืนด้วย GaAs ต้องสั้นกว่า 700 nm ตัวอย่างลักษณะสเปกตรัมผลตอบสนองทางแสงของโฟโตไดโอดแสดงในรูปที่ 2.10 การที่สเปกตรัมมีลักษณะเป็นภูเขาเพราะว่าระยะทางแทรกซึม (penetration depth) ของแสงจะลดลงเมื่อความยาวคลื่นสั้นลง ดังนั้นผลตอบสนองด้านความยาวคลื่นสั้นจึงลดลงด้วย

ขีดจำกัดด้านความยาวคลื่นแสงที่โฟโตไดโอดจะตอบสนองได้นั้น นอกจากจะขึ้นกับวัสดุสารกึ่งตัวนำแล้ว ยังขึ้นกับความสามารถในการทะลุผ่านแสงของวัสดุกระจกด้านหน้าของโฟโตไดโอดด้วย ตัวอย่างเช่น กระจกชนิดโบรอนซิลิเกต (boron-silicate glass) ให้แสงที่มีความยาวคลื่นยาวกว่า 300 nm ผ่านได้ ถ้าต้องการให้แสงที่มีความยาวคลื่นสั้นกว่า 300 nm ต้องใช้หน้าต่างกระจกชนิดควอตซ์

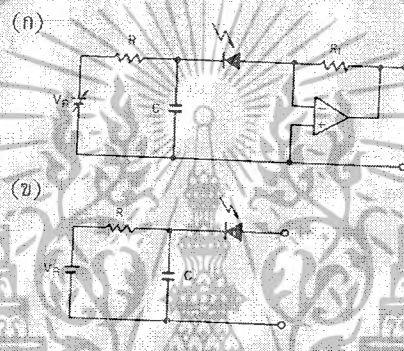


รูปที่ 2.10 ตัวอย่างลักษณะสเปกตรัมผลตอบสนองทางแสงของโฟโตไดโอดชนิดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.6 การไบแอสย้อนโฟโตไดโอด

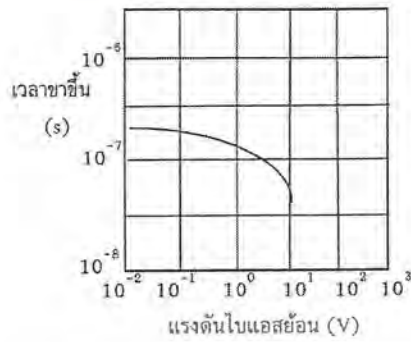
เนื่องจากโฟโตไดโอดทำงานโดยใช้ปรากฏการณ์โฟโตโวลตาอิก (photovoltaic effect) ดังนั้นโฟโตไดโอดสามารถให้สัญญาณไฟฟ้าเอาต์พุตได้แม้จะไม่มีป้อนพลังงานไฟฟ้าจากวงจรภายนอก แต่การป้อนแรงดันไบแอสแบบย้อนเข้าสู่โฟโตไดโอดขณะทำงานด้วยจะช่วยทำให้โฟโตไดโอดมีความเร็วตอบสนองได้ดีขึ้นและมีคุณสมบัติเชิงเส้นที่ดีขึ้น โดยปกติกระแสไฟฟ้าเอาต์พุตของโฟโตไดโอดขึ้นกับความเข้มของแสงกล่าวคือ การเกิดจำนวนคู่ของอิเล็กตรอนและโฮลขึ้นกับความเข้มของแสง อย่างไรก็ตามเนื่องจากการไบแอสย้อนจะทำให้ชั้นปลอดพาหะมีความหนาเพิ่มขึ้นได้บ้าง ดังนั้นกระแสไฟฟ้าเอาต์พุตจะเพิ่มได้บ้างเล็กน้อยตามขนาดของแรงดันไบแอสย้อน



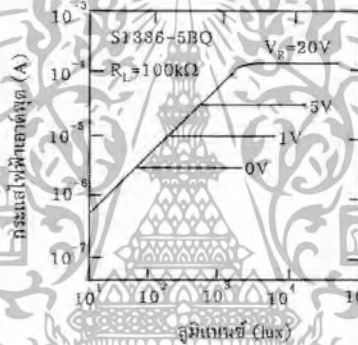
รูปที่ 2.11 ตัวอย่างวงจรสำหรับไบแอสย้อนให้โฟโตไดโอด

จากรูปที่ 2.11 แสดงตัวอย่างวงจรการไบแอสย้อนให้โฟโตไดโอด รูปที่ 2.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาขาขึ้นและแรงดันไบแอสย้อน ซึ่งจะเห็นได้ว่าการไบแอสย้อนทำให้ช่วงเวลาขาขึ้นมีค่าสั้นลง รูปที่ 2.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าเอาต์พุตและความเข้มของแสงโดยมีแรงดันไบแอสย้อน V_R เป็นพารามิเตอร์ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่ม V_R จะทำให้คุณสมบัติเชิงเส้นของโฟโตไดโอดดีขึ้น อย่างไรก็ตามแม้ว่าการไบแอสย้อนจะมีข้อดี แต่ขณะเดียวกันก็มีข้อเสียด้วย เช่น ทำให้มีกระแสไฟฟ้ามืดและสัญญาณรบกวนเพิ่มด้วย และการไบแอสย้อนที่ค่าแรงดันสูงมากๆจนเกินขีดจำกัด จะทำให้โฟโตไดโอดเสียหาย

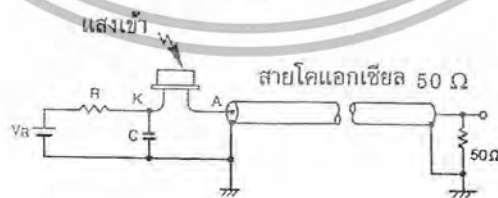
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.12 ความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาขึ้นของโฟโตไดโอดชนิดซิลิคอนและแรงดันไบแอสย้อนซึ่งจะเห็นได้ว่าการไบแอสย้อนทำให้ช่วงเวลาขึ้นมีค่าสั้นลง



รูปที่ 2.13 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าเกิดของโฟโตไดโอดชนิดซิลิคอนและความเข้มของแสง โดยมีแรงดันไบแอสย้อน V_R เป็นพารามิเตอร์ ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่ม V_R จะทำให้คุณสมบัติเชิงเส้นของโฟโตไดโอดดีขึ้น



รูปที่ 2.14 แสดงตัวอย่างการต่อวงจรจริงของรูปที่ 2.11 (ข) โดยมีโหลดความต้านทาน 50 Ω ต่ออยู่

รูปที่ 2.14 แสดงตัวอย่างการต่อวงจรจริงของรูปที่ 2.11 (ข) โดยมีโหลดความต้านทาน 50Ω ต่ออยู่ ตัวเก็บประจุชนิดเซรามิก C ใช้สำหรับช่วยลดอินพุทอิมพีแดนซ์ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า และตัวต้านทาน R ใช้สำหรับป้องกันไม่ให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านโฟโตไดโอดมากเกินไปจนเกิดความเสียหาย ควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้าโฟโตไดโอดไม่ให้เกินขีดจำกัด ควรออกแบบให้แรงดันคร่อม R ซึ่งเกิดจากกระแสไฟฟ้าโฟโตไดโอดมีค่าน้อยกว่าแรงดันไบอัสมาก

2.5.7 ความเร็วในการตอบสนอง

ความเร็วในการตอบสนองของโฟโตไดโอด หมายถึง เวลาที่นับตั้งแต่การเกิดพาหะด้วยแสงจนถึงการมีกระแสไฟฟ้าเอาต์พุตไหลออกสู่วงจรภายนอก ตามปกตินิยมแสดงด้วยค่าเวลาขาขึ้น t_r หรือค่าเวลาขาลง t_f นิยามของ t_r ได้แก่ช่วงระยะเวลาที่สัญญาณเอาต์พุตเพิ่มจาก 10% เป็น 90% t_r มีค่ามากหรือน้อยขึ้นกับแพ็คเกจต่อต่อไปนี้

1. ค่าคงที่เวลา τ_1 (time constant) เป็นผลคูณของค่าความจุไฟฟ้า C_j ของโฟโตไดโอดและค่าความต้านทานของโหลด R_L (C_j เป็นผลรวมทั้งของตัวโฟโตไดโอด C_j และของภาชนะที่บรรจุโฟโตไดโอด)

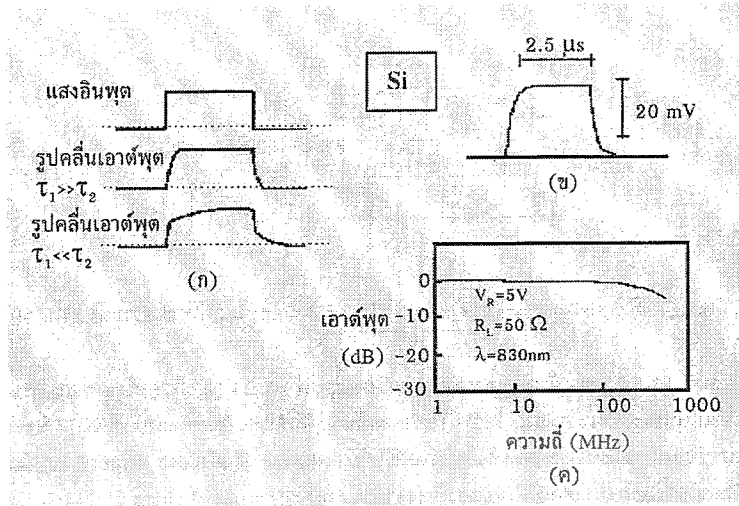
2. ค่าเวลาการแพร่ซึม τ_2 (diffusion time) ของพาหะที่เกิดขึ้นภายนอกชั้นปลดพาหะ ถ้ากรณีที่ค่าคงที่เวลามีค่ามากกว่าค่าเวลาการแพร่ซึม กล่าวคือ ถ้า $\tau_1 > \tau_2$ จะได้ว่ารูปใกล้เคียงของ t_r ว่าเท่ากับ

$$t_r = 2.2\tau_1 = 2.2C_j \times R_L \quad (2.7)$$

จากสมการนี้ ทำให้เราทราบว่า ถ้าต้องการให้ช่วงเวลาขาขึ้น t_r มีค่าน้อยๆ จะต้องออกแบบให้ C_j หรือ R_L มีค่าน้อย นอกจากนี้โดยปกติ C_j (ของรอยต่อ p-n ในโฟโตไดโอด) แปรผันตรงกับพื้นที่รับแสง A และแปรผกผันกับ V_R และสภาพต้านทาน ρ ของวัสดุแผ่นฐานสารกึ่งตัวนำตามสูตร

$$C_j \propto A \{ (V_R + 0.5) \times \rho \}^{-\frac{1}{2} - \frac{1}{3}} \quad (2.8)$$

เพราะฉะนั้นถ้าต้องการให้โฟโตไดโอดตอบสนองที่ความเร็วสูงๆ จึงควรออกแบบให้ A มีค่าน้อยและ ρ มีค่ามากและมีการไบแอสย้อนด้วย แต่ต้องระวังว่าการไบแอสย้อนขณะที่แสงมีความเข้มน้อยจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้ามืดซึ่งจะเป็นสาเหตุของสัญญาณรบกวนได้ รูปที่ 2.15 (ก) แสดงตัวอย่างรูปคลื่นผลตอบสนองของโฟโตไดโอด รูปที่ 2.15 (ข) และ (ค) แสดงผลตอบสนองของโฟโตไดโอดกรณีแสงอินพุตมีรูปแบบเคลตา รูปที่ 2.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาขาขึ้น t_r และโหลด R_L โดยมีพื้นที่รับแสงเป็นพารามิเตอร์



รูปที่ 2.15

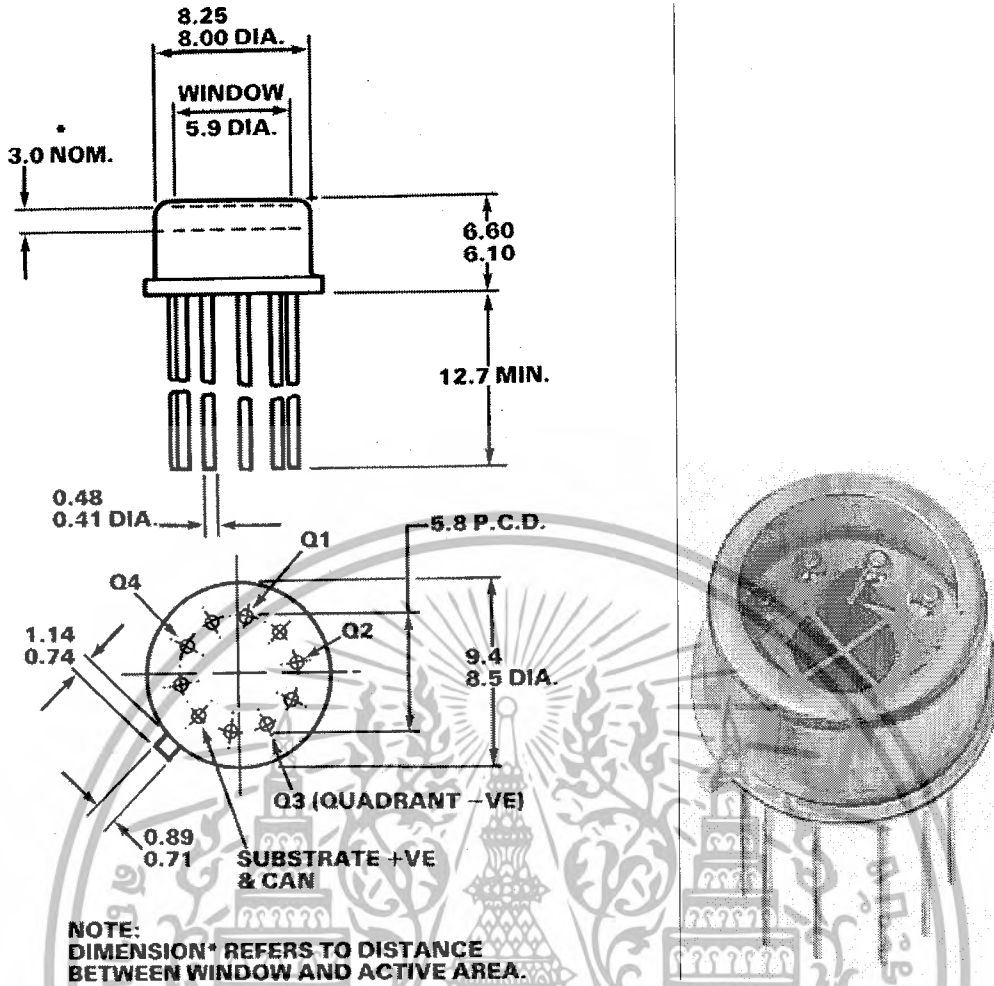
(ก) และ (ข) ตัวอย่างรูปคลื่นผลตอบสนองของโฟโตไดโอดชนิดซิลิคอน
 (ค) ผลตอบสนองของโฟโตไดโอดกรณีแสงอินพุตมีรูปพัลส์แบบเดลตา



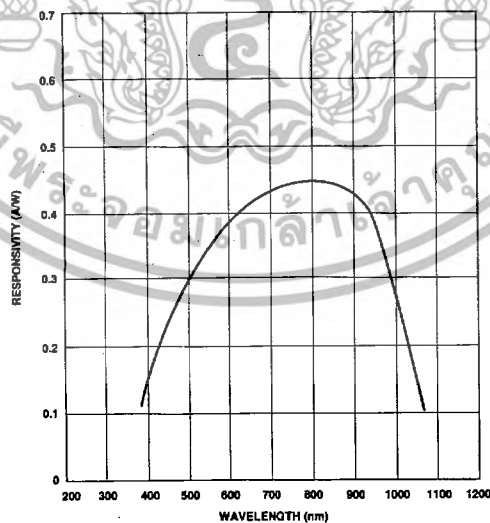
รูปที่ 2.16 ความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาขาขึ้น τ ของโฟโตไดโอดชนิดซิลิคอนและโหลด R_L โดยมีพื้นที่รับแสงเป็นพารามิเตอร์

2.6 ควอดแดรนต์โฟโตไดโอด (Quadrant photo diode)

ควอดแดรนต์โฟโตไดโอด เป็นโฟโตไดโอด 4 ซีน หรือ 2*2 แถว ที่ประกอปกันเป็นระนาบพิกัดและมีขาแคโทดร่วมกัน ส่วนมากจะถูกใช้บ่อยกับการบอกตำแหน่งของลำแสงเลเซอร์ และการประยุกต์การจัดวางต่างๆ แล้วนำมาวิเคราะห์เป็นระนาบพิกัดได้มีลักษณะทางกายภาพตามรูปดังนี้



รูปที่ 2.17 ลักษณะทางกายภาพของควอดแดรนต์โฟโตไดโอด



รูปที่ 2.18 กราฟการตอบสนองของควอดแดรนต์โฟโตไดโอดในช่วงความยาวคลื่นต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งลักษณะของ pulse ที่ป้อนคือ

เฟส 1 100100100100100 Times----->

เฟส 2 0100100100100100 Times----->

เฟส 3 00100100100100100 Times----->

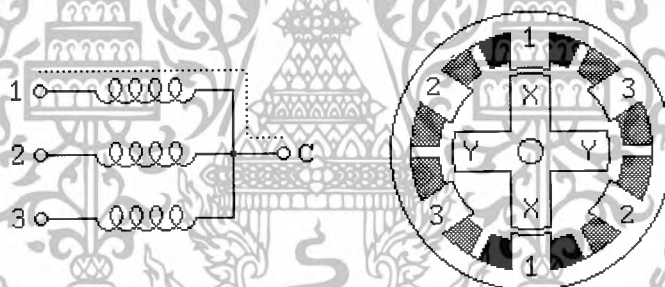
และถ้าต้องการให้ stepping motor หมุนกับทิศทางลักษณะการป้อนจะเป็นการป้อนโดยเรียงลำดับเฟสย้อนกลับ 3-2-1-3-2-1-3-2-1 ซึ่งลักษณะของ pulse ที่ป้อนคือ

เฟส 3 100100100100100 Times----->

เฟส 2 010010010010010 Times----->

เฟส 1 001001001001001 Times----->

(ภาพจาก Jones training stepper motor homepage) 1.เมื่อ เฟส 1 ถูกป้อน pulse เข้ามาทำให้เกิดสนามแม่เหล็กที่ stator ที่ขดลวด 1 และจะผลักรกับ rotor ให้เคลื่อนที่ไปคนละทาง 2.เมื่อ เฟส 2 ถูกป้อน จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นที่ขด 2 และจะผลักรotor ให้เกิดการเคลื่อนที่ไปอีก 3.เมื่อ เฟส 3 ถูกป้อน จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นที่ขด 3 และจะผลักรให้ rotor เกิดการเคลื่อนที่ไปอีก (สังเกตจากรูป การเคลื่อนที่ของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นและ rotor จะหมุนไปทิศทางที่ตรงข้ามกัน)



รูปที่ 2.19 รูปแสดงการทำงานของสเตปมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

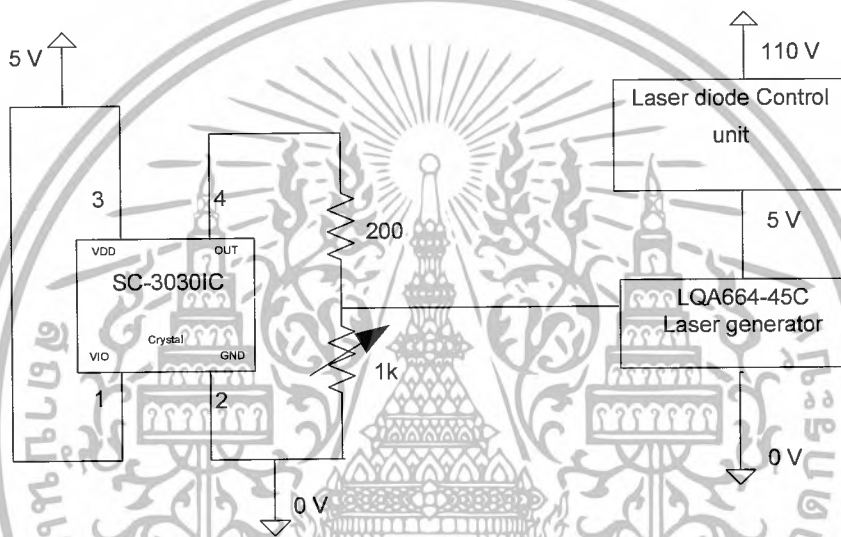
บทที่ 3

การออกแบบและการคำนวณ

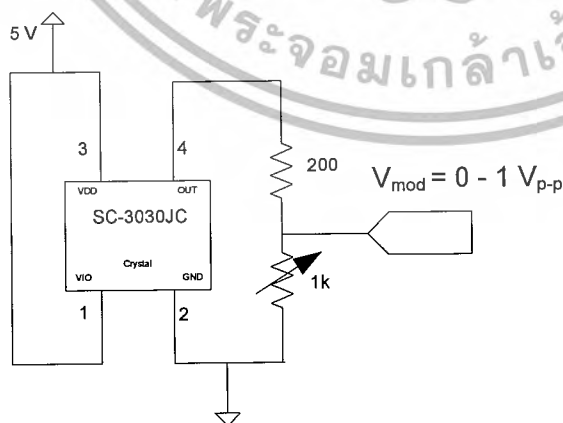
หลังจากรวบรวมวิธีการออกแบบจึงสร้างเป็นวงจรที่นำไปใช้จริงดังต่อไปนี้

3.1 วงจรภาคส่งสัญญาณ

วงจรภาคส่งสัญญาณเป็นส่วนที่ใช้วงจรมอดูเลตสัญญาณเลเซอร์ซึ่งใช้ความถี่จากโมดูลคริสตัลอสซิลเลเตอร์ SG-3030JC ซึ่งสร้างความถี่เท่ากับ 32.768 kHz และปรับแต่งสัญญาณให้มีคิกดาอยู่ในช่วง 0-1 V แล้วส่งสัญญาณไปที่แหล่งกำเนิดเลเซอร์ class 3B รุ่น LQA664-45C หลังจากนั้นจึงส่งลำแสงต่อไปยังไฟเบอร์ออปติกเพื่อไปยังภาครับ



รูปที่ 3.1 วงจรภาคส่งสัญญาณ



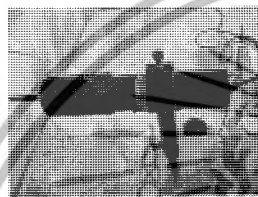
รูปที่ 3.2 วงจรมอดูเลตสัญญาณเลเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แหล่งกำเนิดเลเซอร์ รุ่น LQA664-45C ประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้

- LQA Series : เป็น Laser Generator ที่มี port สำหรับ modulate ด้วยสัญญาณ Analog ที่มีค่า 0-1 V
- 664 : สร้างลำแสงที่มีความยาวคลื่นเท่ากับ 664 nm
- 45 : สร้างลำแสงที่มีกำลังงานสูงสุดเท่ากับ 45 mW
- C : สร้างลำแสงที่มีลักษณะเป็น Circle beam

หลังจากนั้นจึงส่งลำแสงต่อไปยังไฟเบอร์ออปติกเพื่อไปยังภาครับ



LQA664-45C
Laser Generator

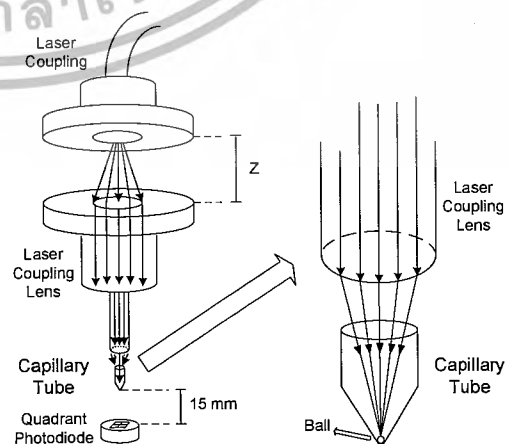
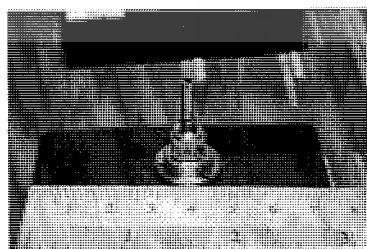


Laser diode
Control Unit

รูปที่ 3.3 แหล่งกำเนิดเลเซอร์รุ่น LQA664-45C และ ส่วนควบคุมเลเซอร์ไดโอด

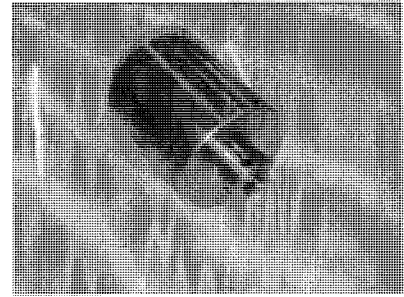
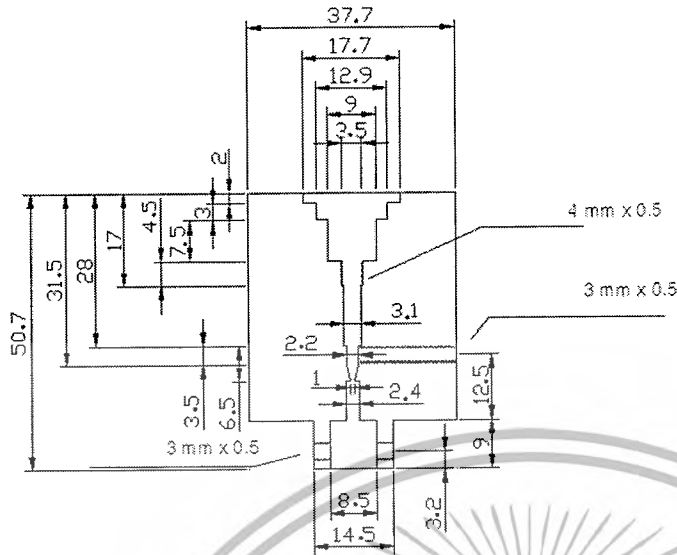
3.2 วงจรภาครับ

วงจรภาครับสัญญาณเป็นจุดเด่นของโครงการนี้เนื่องจากต้องมีการรับลำแสงเลเซอร์ที่มีขนาดเล็กกระดืบ 80 ไมโครเมตร ณ วงจรภาครับ ซึ่งลำแสงเริ่มจากผ่าน Laser Coupling ไปยัง Laser Coupling Lens ซึ่งมีเลนส์ 2 เลนส์อยู่ภายใน และรวมแสงไปยังจุดโฟกัสที่ Capillary tube ในจุดที่ Ball วางอยู่ แล้วหักเหไปยัง Quadrant Photodiode ต่อไป



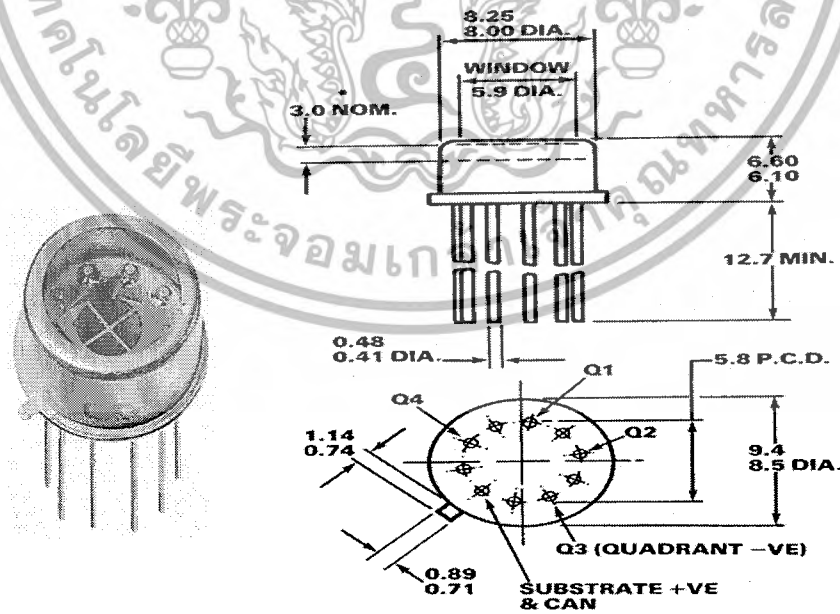
รูปที่ 3.4 แสดงโครงสร้างของ Laser Coupling , Laser Coupling Lens และ Capillary Tube

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



โครงสร้างชุดยึดระหว่าง
Coupling lens กับ Capillary tube

รูปที่ 3.5 แสดง โครงสร้างทางกายภาพของตัวยึดระหว่าง Coupling Lens, Capillary Tube และ Quadrant Photodiode



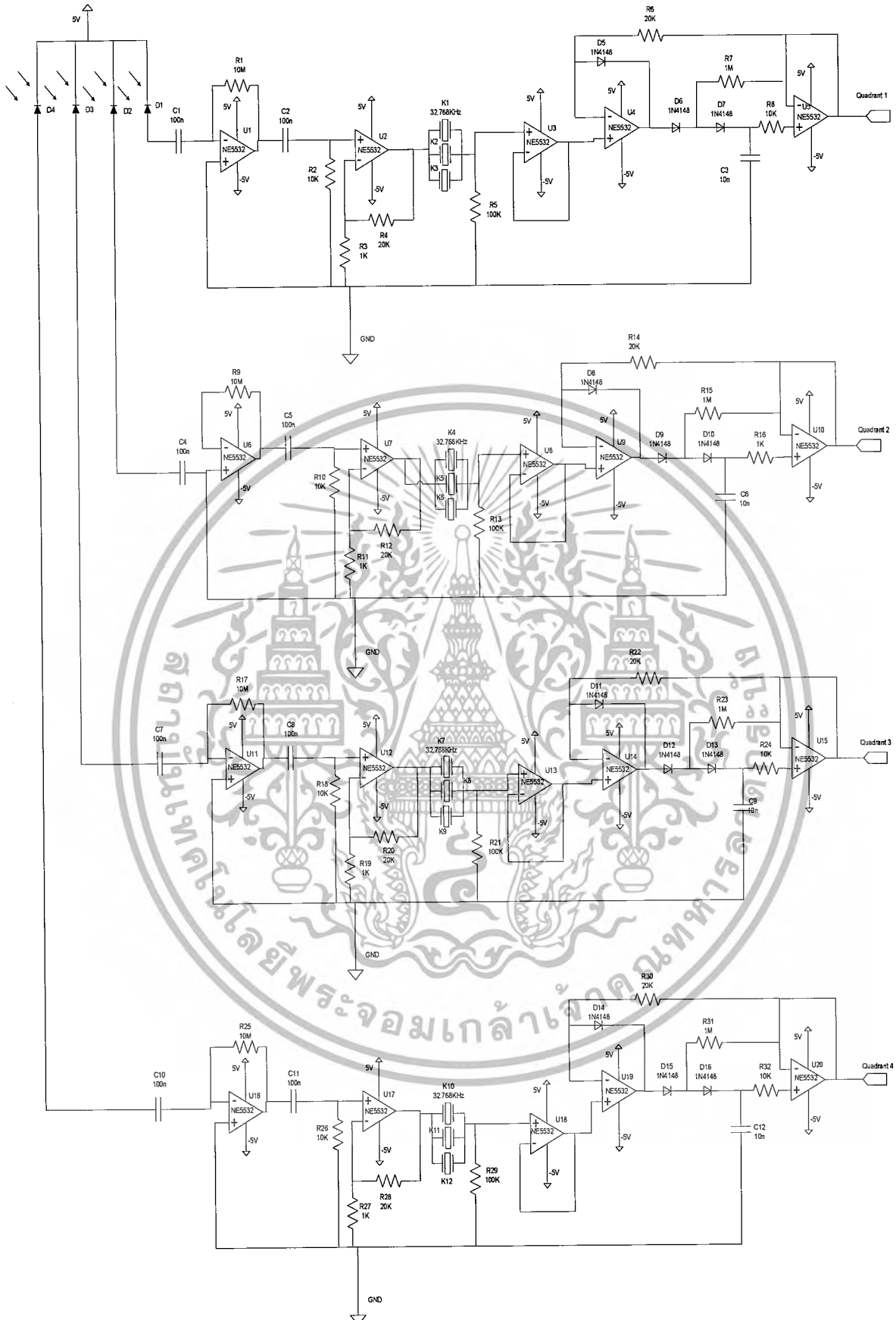
NOTE:
DIMENSION* REFERS TO DISTANCE
BETWEEN WINDOW AND ACTIVE AREA.

รูปที่ 3.6 แสดง โครงสร้างทางกายภาพของ Quadrant Photodiode
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองที่ผ่านมาวงจรส่วนใหญ่จะไม่สามารถรับสัญญาณได้เนื่องจากระดับสัญญาณที่เล็กรวมถึงสัญญาณรบกวนที่มีขนาดใหญ่กว่าจากไฟบ้านและหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent lamp) ที่ความถี่ 50 Hz และ 100 Hz ตามลำดับ วงจรภาครับสัญญาณนี้ใช้ Quadrant photodiode ในการรับสัญญาณซึ่งมีพื้นที่รับแสงทั้งหมด 4 ควอดแดรนต์ สามารถแบ่งออกเป็น ส่วนย่อยๆ 3 ส่วน ได้แก่ 3.1.1 วงจรทรานส์อิมพีแดนซ์ (Transimpedance Circuits) 3.1.2 วงจรขยาย และวงจรกรองสัญญาณ (Amplifier Circuits and Filter Circuit) และ 3.1.3 วงจรหาจุดสูงสุดของสัญญาณ (Peak Detector Circuits) สามารถเขียนเป็นวงจรได้ดังนี้



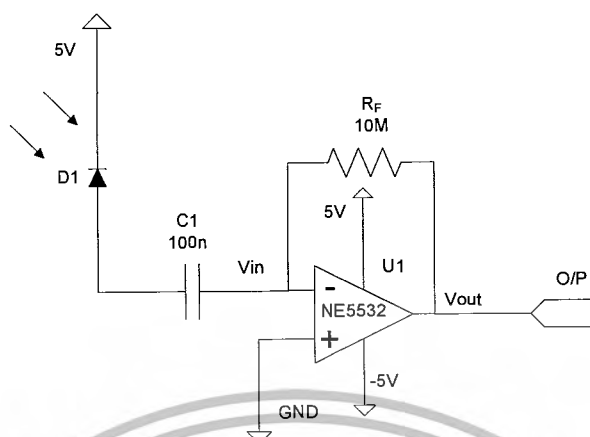
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 วงจรภาครับสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 วงจรทรานส์อิมพีแดนซ์ (Transimpedance Circuits)



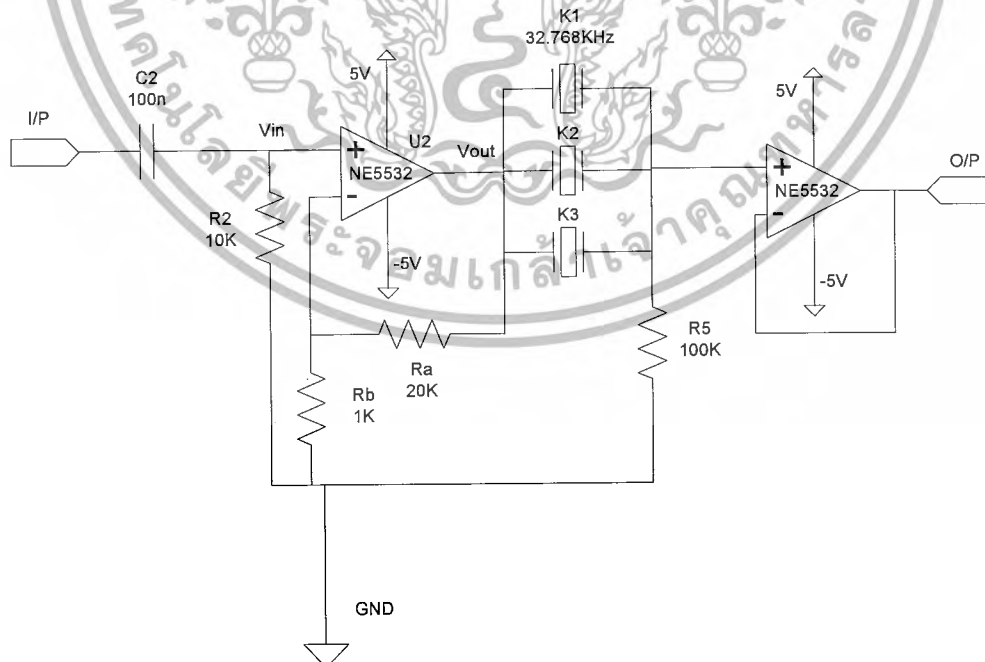
รูปที่ 3.9 วงจรทรานอิมพีแดนซ์

เป็นวงจรส่วนแรกของภาครับที่สำคัญที่สุดเพราะต้องรับสัญญาณที่มีขนาดเล็กได้ หลักการทำงานของวงจร คือการเปลี่ยนสัญญาณกระแสให้เป็นสัญญาณศักดา ซึ่งมีสมการดังนี้

$$V_{out} = -(R_f \times I_{in}) \quad (3.1)$$

โดยที่ $R_f = 10M$ และเนื่องจากสัญญาณที่ได้รับจากแสงเลเซอร์นั้นเป็นสัญญาณ DC รวมกับสัญญาณ AC Quadrant photodiode จึงมี C ที่ใช้สำหรับคัปเปิลสัญญาณ DC ออกไปเพื่อรับเฉพาะสัญญาณ AC เท่านั้น เอาท์พุทของวงจรจะส่งต่อไปยังวงจรขยายและคิมอดูเลตต่อไป

3.2.2 วงจรขยายและกรองสัญญาณ (Amplifier Circuits and Filter Circuits)



รูปที่ 3.10 วงจรขยายและวงจรกรองสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นวงจรส่วนที่สองที่ต่อมาจากวงจรทรานซิมพีแคนซ์สำหรับเพื่อปรับแต่งสัญญาณและกรองสัญญาณที่ต้องการเฉพาะสัญญาณที่ต้องการนำมาใช้โดยจะใช้วงจรส่วน High pass filter เป็นวงจรความถี่สูงผ่านเพราะฉะนั้นสัญญาณ DC ซึ่งเป็นความถี่ต่ำก็จะถูกตัดทิ้งไป และนำสัญญาณความถี่สูงซึ่งเป็นสัญญาณ AC นำมาขยายสัญญาณแบบ Non-inverting และใช้ Crystal ในการกรองสัญญาณที่มีความถี่ 32.768 kHz (Crystal มีความถี่เท่ากับ 32.768 kHz) ที่ความถี่เดียวกันนั้นหรือการทำ Resonance นั้นเอง เพราะฉะนั้นสัญญาณที่ส่งมาจากภาคส่งและภาครับก็จะรับ-ส่งกันที่ความถี่ 32.768 kHz

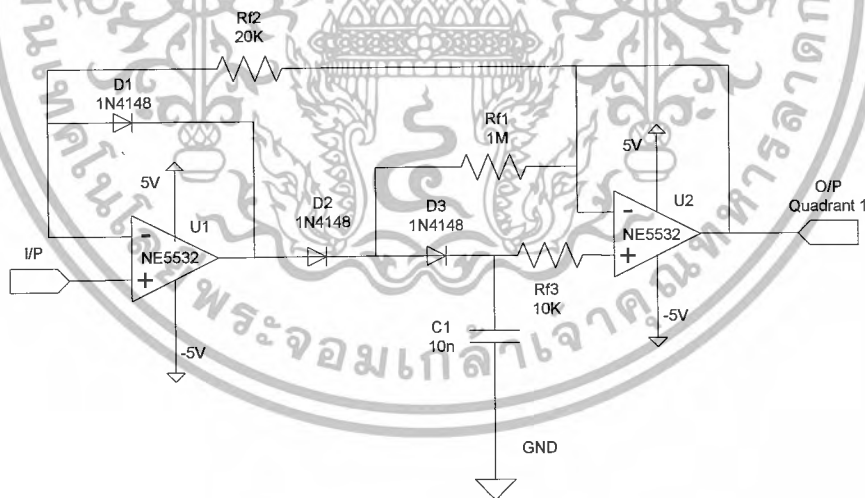
วงจรขยายศักดาแบบ Non-inverting มีสมการดังนี้

$$V_{out} = \left(1 + \frac{R_a}{R_b}\right) V_m \quad (3.2)$$

$$A_v = \left(1 + \frac{R_a}{R_b}\right) \quad (3.3)$$

โดยที่ $A_v = 21$ จึงใช้ $R_1 = 1k$ และ $R_2 = 20k$ และอินพุทของวงจรจะมี C ที่ใช้สำหรับคัปเปิลสัญญาณเป็นครั้งที่สองเพื่อรับเฉพาะสัญญาณ AC เท่านั้น เอาท์พุทของวงจรจะส่งต่อไปยังวงจรหาจุดสูงสุดของสัญญาณต่อไป

3.2.3 วงจรหาจุดสูงสุดของสัญญาณ (Peak Detector Circuits)



รูปที่ 3.11 วงจร Peak detector

วงจร Low Drift Peak Detector ทำหน้าที่เป็นวงจรที่ใช้สำหรับหาจุด Peak ของสัญญาณอินพุทโดยเอาท์พุทจะมีค่าเป็น DC ซึ่งจะส่งต่อไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้ IC PIC 16F877 ดังนั้นเอาท์พุทของวงจรมีค่าระหว่าง 0-5 V เอาท์พุทสามารถกำหนดได้จากอัตราขยายของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรขยายและกรองสัญญาณ ซึ่งส่วนแรกคือ Op-amp U1 ทำหน้าที่เป็น Half-wave Rectifier มีอัตราขยายของ Half-wave Rectifier คือ

$$V_{OIP} = \left(\frac{R_{f1}}{R_{f2}} \right) V_{IIP} \quad (3.4)$$

โดยที่ R_{f1}/R_{f2} มีค่า 50 เท่า และค่า V_{out} ของ U1 - V_{d1} ทำหน้าที่ควบคุมความเร็ว และ limit reverse bias ของ $d2$ ในขณะที่ Op-amp U2 ทำหน้าที่เป็น Voltage follower และ $C1$ ทำหน้าที่รักษาระดับแรงดันและ+

$$f_{in,max} < \frac{1}{2\pi R_{f1} C_{d2}} \quad (3.5)$$

โดยที่ C_{d2} คือ Shunt capacitance ของ D_2 มีค่าเท่ากับ 4 pF และ R_{f1} เท่ากับ 1M Ω จะได้ค่า $f_{in,max} = 39.788$ kHz มีค่ามากกว่าความถี่ที่ใช้งานคือ 32.768 kHz

3.3 วงจรภาคระบบควบคุมไมโครสเตจ

วงจรภาคระบบควบคุมไมโครสเตจ ถูกควบคุมคำสั่งผ่านทางไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้หลักการทางคณิตศาสตร์เพื่อหาจุดที่ลำแสงเลเซอร์อยู่ตรงกับจุดที่ต้องการมากที่สุดโดยใช้การขับเคลื่อนไมโครสเตจซึ่งต่ออยู่กับ Clamp ที่ Laser Coupling ในแนวแกน 3 มิติ ประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน คือ

3.3.1. ไมโครคอนโทรลเลอร์

ระบบควบคุมนี้ใช้ บอร์ด CP – PIC877 V2 ซึ่งใช้ PIC เบอร์ 16F877 ทำงานที่ความถี่ 4 MHz และมี ADC ขนาด 10 บิต ซึ่งมีความละเอียดเพียงพอในการประมวลผล



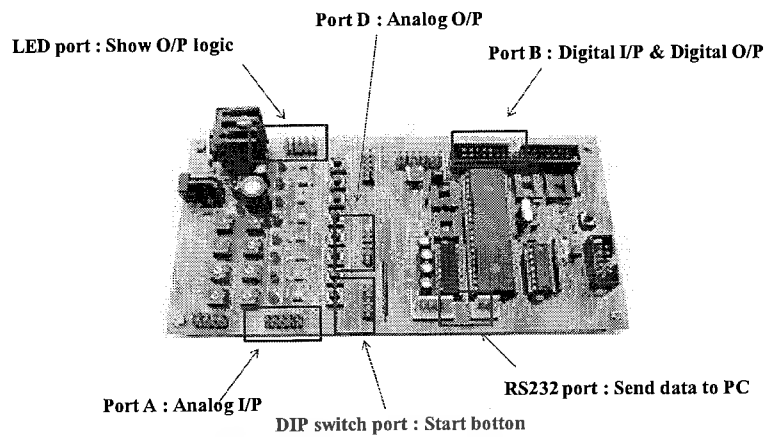
CP – PIC877 V2

- วงจรทดลอง ANALOG PORT 8 ช่อง
- วงจรทดสอบ INPUT PORT
- วงจรทดสอบ OUTPUT PORT

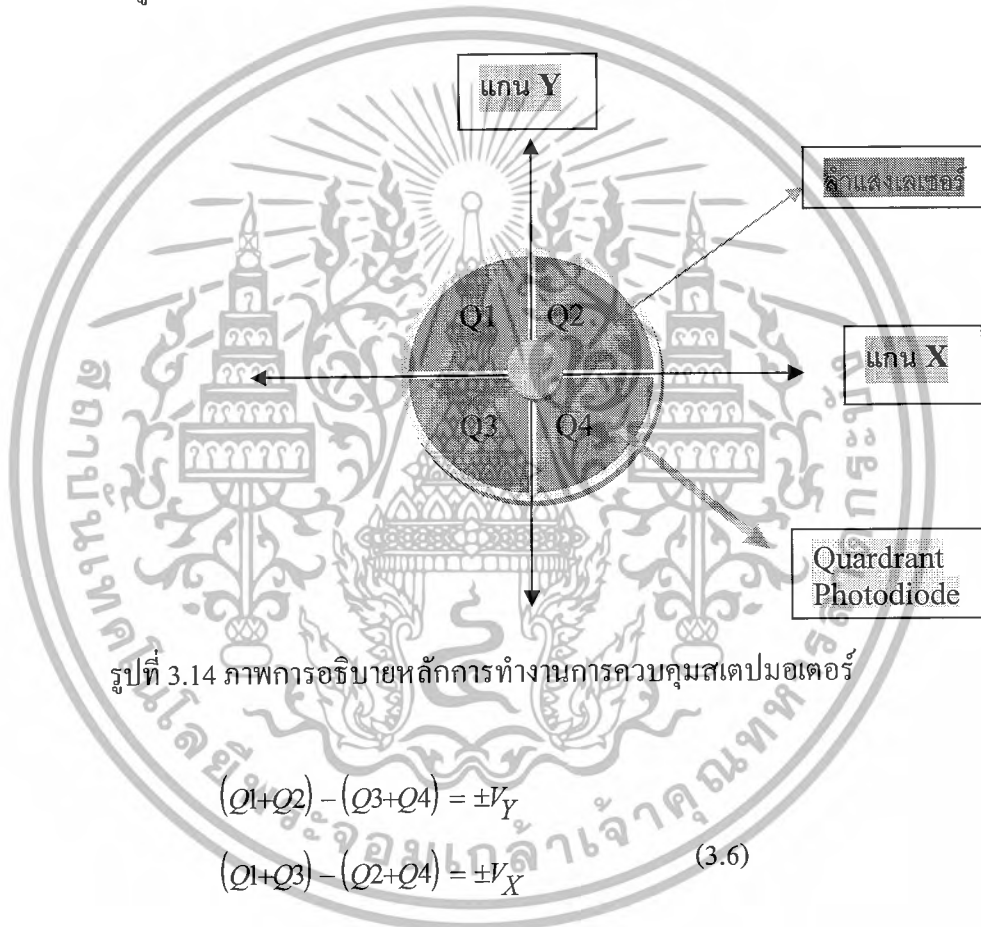
- ใช้ CPU PIC 16F877 RUN 4 MHz
- ON CHIP FLASH PROGRAM MEMORY 8K x 14 WORDS
- ON CHIP 368 BYTES RAM / 256 BYTES EEPROM
- 31 BIT I/O PORT ใช้งานของ CPU บนบอร์ด CP-PIC877 V2.0 (34 PIN I/O ETT-BUS)
- พอร์ต (PORT) แบบ SPI , I2C , RS232 , RS422/485 (OPTIONS)
- HIGH SINK / SOURCE CURRENT 25 MA
- TWO CAPTURE , COMPARE , PWM MODULES
- RTC ใช้ไอซีเบอร์ DS1307 (OPTIONS)
- Serial EEPROM 24XX (OPTIONS)
- POWER ON RESET/WATCHDOG TIMER
- A-TO-D ขนาด 10 BIT 8 CH
- LCD PORT 14 PIN ET-BUS ... สำหรับ LCD แบบตัวอักษร
- VR 10K x 8 สำหรับทดสอบ ANALOG PORT
- LED x 8 สำหรับทดสอบ OUTPUT
- SWITCH x 8 สำหรับทดสอบ INPUT
- 7805 POWER SUPPLY ON BOARD
- PCB SIZE CP-PIC877 V2 16.5 x 8.5 cm

รูปที่ 3.12 แสดงภาพ บอร์ด CP – PIC877 V2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 ภาพแสดงการใช้งานพอร์ตต่างๆในบอร์ด CP – PIC877 V2



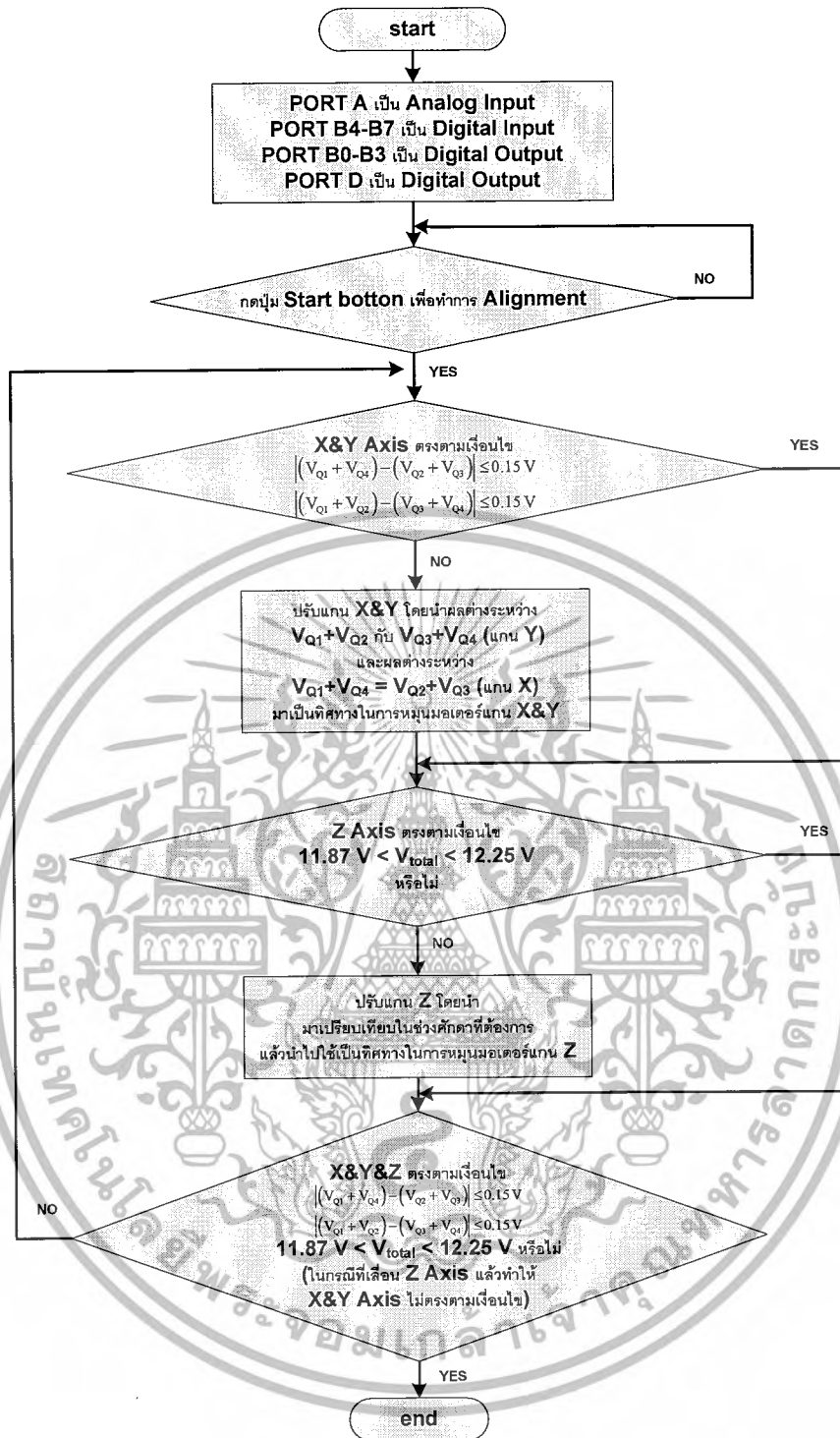
รูปที่ 3.14 ภาพการอธิบายหลักการทำงานการควบคุมสเตปมอเตอร์

$$\begin{aligned} (Q1+Q2) - (Q3+Q4) &= \pm V_Y \\ (Q1+Q3) - (Q2+Q4) &= \pm V_X \end{aligned} \quad (3.6)$$

ถ้าลำแสงเลเซอร์จาก Capillary tube นั้นตกกระทบบที่ Quadrant Photodiode ฝั่งแกน $+V_Y$ มากเกินไปไมโครสเตจก็จะถูก drive ไปยังทิศ $-V_Y$ เพื่อให้อยู่ตรงจุดศูนย์กลางของ Quadrant Photodiode มากที่สุดถึงค่าคงที่ที่เรากำหนด หลักการทำงานของสเตปมอเตอร์สำหรับแกน X เป็นเช่นเดียวกันกับหลักการทำงานของสเตปมอเตอร์สำหรับแกน Y

สำหรับโปรแกรมที่เขียนเพื่อควบคุมไมโครสเตจ ถูกควบคุมคำสั่งผ่านทางไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถแสดงด้วย Flowchart ย่อย ดังนี้

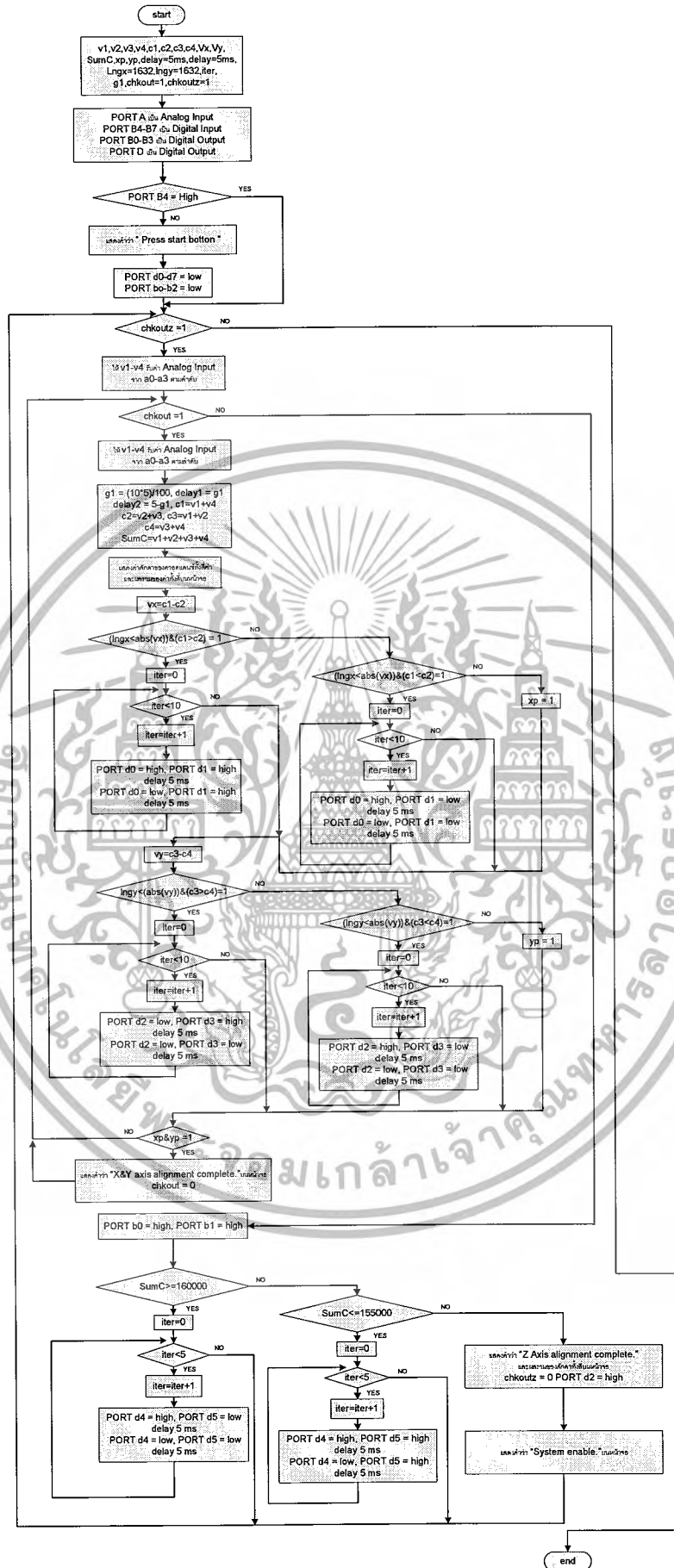
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 ภาพแสดง Flowchart ย่อยของ โปรแกรมในระบบ

การรูปที่ 3.13 ยังคงเป็นการแสดง Flowchart โดยคร่าวๆ ซึ่งในโปรแกรมในการใช้งานจริง จะมีรายละเอียดที่มากกว่า ได้แก่ ตัวแปรย่อยที่ใช้เชื่อมโยงรูปต่างๆ ต่อไปจะแสดง Flowchart แบบสมบูรณ์ของ โปรแกรมของระบบ ซึ่งจะบอกรายละเอียดทั้งหมดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

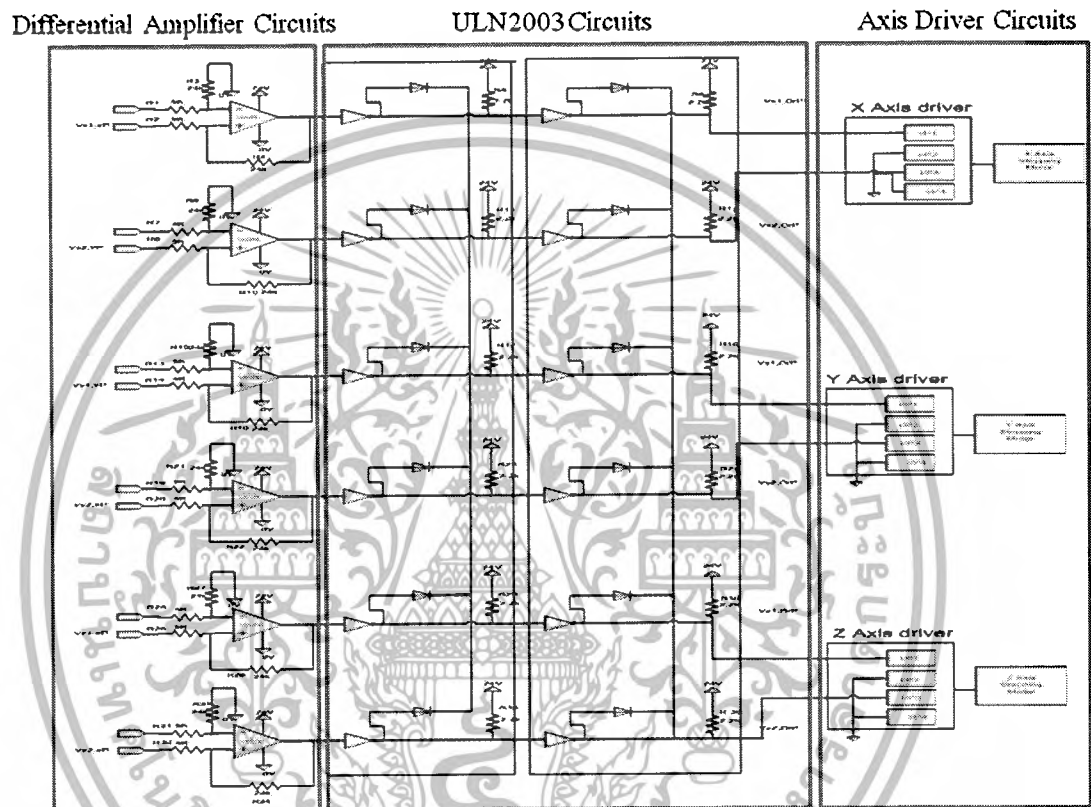


รูปที่ 3.16 ภาพแสดง Flowchart แบบสมบูรณ์ของโปรแกรมในระบบ
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2. วงจรขับเคลื่อนสเตปมอเตอร์

วงจรขับเคลื่อนสเตปมอเตอร์ ประกอบด้วย

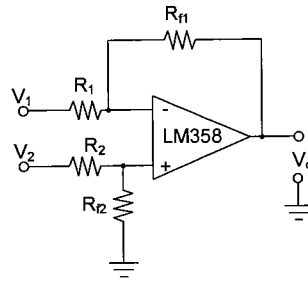
1. วงจร Differential Amplifier
2. วงจร IC ULN2003
3. วงจร Axis Driver



รูปที่ 3.17 ภาพแสดงวงจรขับเคลื่อนสเตปมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.1. วงจร Differential Amplifier



รูปที่ 3.18 วงจรขยายความแตกต่าง

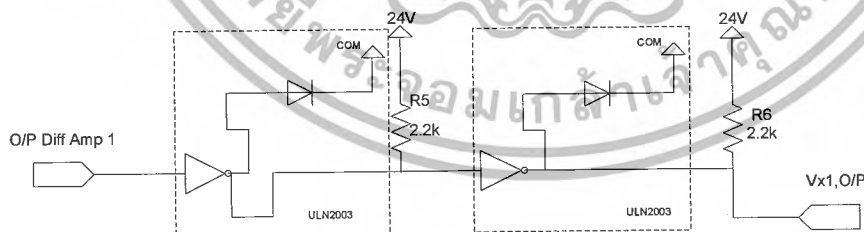
$$V_o = \left(\frac{R_f}{R_i} \right) \times (V_2 - V_1) \quad (3.7)$$

ให้ $R_f = R_{1,2}$

เราต้องการให้ เอาท์พุทของวงจร Differential Amplifier มีค่าเท่ากับ 24 volt เพื่อที่จะได้ส่งสัญญาณที่มีศักดาและกระแสเพียงพอที่จะใช้กับวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ได้เพียงพอ

3.3.2.2. วงจร IC ULN2003

IC ULN2003 ใช้เพื่อเป็นตัวเพิ่มกระแสและต่อ pull up โดยใช้ความต้านทาน 2.2K และใช้ ULN2003 ทำการต่อ 2 ครั้ง เพื่อต้องการทำให้สัญญาณอยู่ในเฟสที่ตรงกับสัญญาณที่ออกมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์จากนั้นนำเอาท์พุทที่ได้จาก ULN2003 นำมาต่อเข้ากับ วงจร X,Y,Z driver จากนั้นจะต่อเข้ากับ Stepping Motor ซึ่งจะอธิบายในขั้นตอนถัดไป



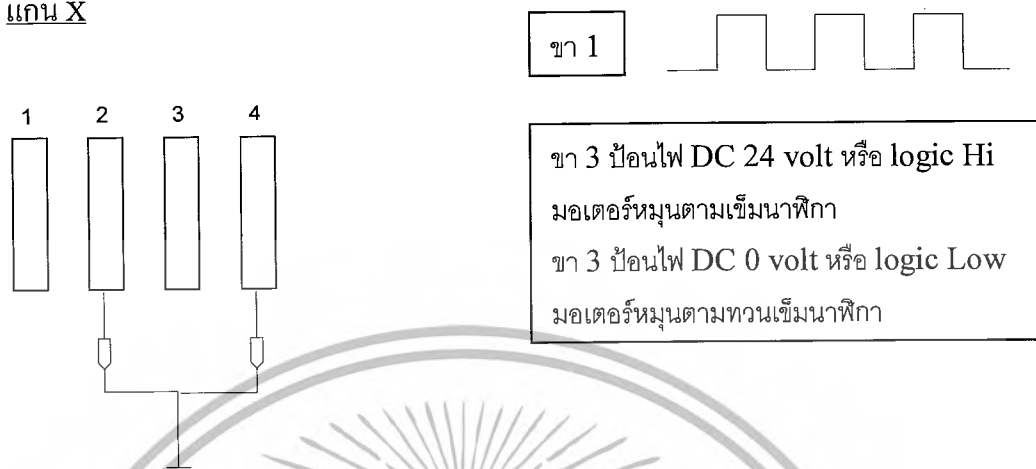
รูปที่ 3.19 วงจร IC ULN2003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.3. วงจร Axis Driver

ในสเตปมอเตอร์แต่ละแกนจะมีขาต่ออยู่ 4 ขา ดังนี้

แกน X

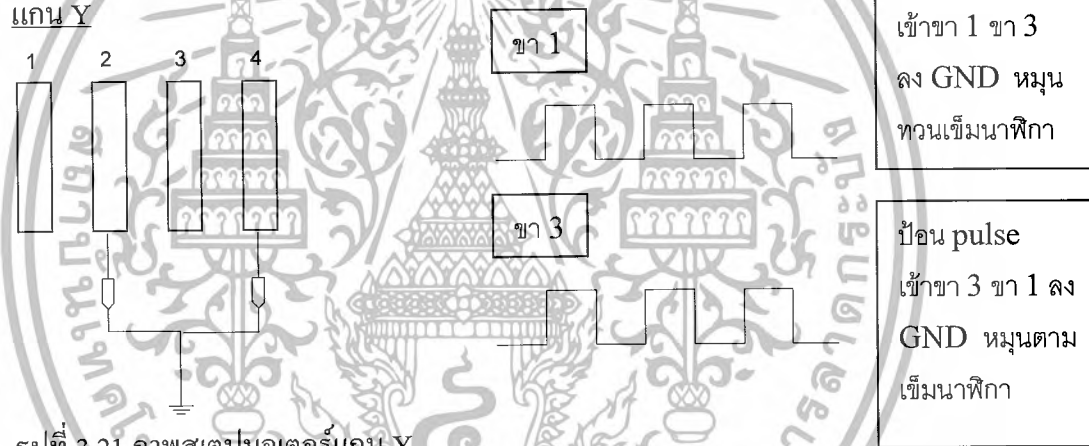


ขา 1

ขา 3 ป้อนไฟ DC 24 volt หรือ logic Hi
มอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา
ขา 3 ป้อนไฟ DC 0 volt หรือ logic Low
มอเตอร์หมุนตามทวนเข็มนาฬิกา

รูปที่ 3.20 ภาพสเตปมอเตอร์แกน X

แกน Y



ขา 1

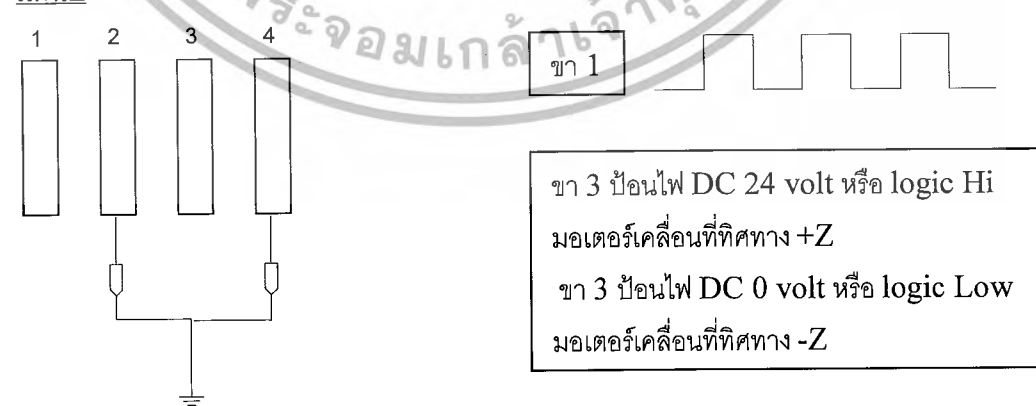
ขา 3

ป้อน pulse
เข้าขา 1 ขา 3
ลง GND หมุน
ทวนเข็มนาฬิกา

ป้อน pulse
เข้าขา 3 ขา 1 ลง
GND หมุนตาม
เข็มนาฬิกา

รูปที่ 3.21 ภาพสเตปมอเตอร์แกน Y

แกน Z



ขา 1

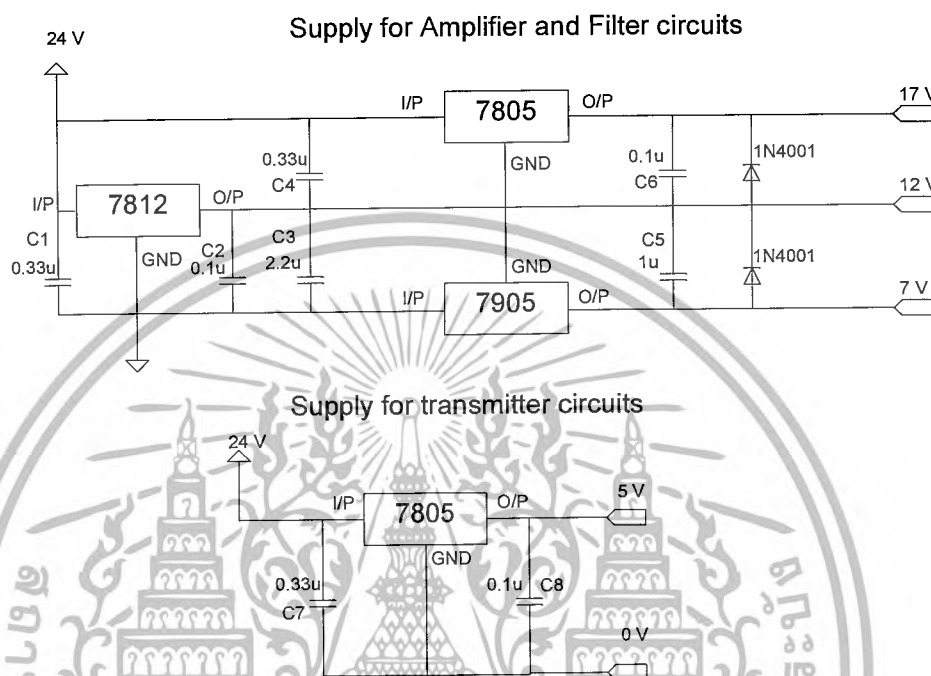
ขา 3 ป้อนไฟ DC 24 volt หรือ logic Hi
มอเตอร์เคลื่อนที่ทิศทาง +Z
ขา 3 ป้อนไฟ DC 0 volt หรือ logic Low
มอเตอร์เคลื่อนที่ทิศทาง -Z

รูปที่ 3.22 ภาพสเตปมอเตอร์แกน Z

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 แหล่งจ่ายไฟ (Power Supply)

แหล่งจ่ายไฟในโครงการนี้ใช้ Switching Power Supply กระแสตรง 24 V 6.5 A โดยใช้ IC เบอร์ 78XX และ 79XX ซึ่งจะนำไปจ่ายให้กับภาคส่งสัญญาณ ภาครับสัญญาณ และภาคระบบควบคุมไมโครสแตจ รวมไปถึงสเตปมอเตอร์ในแนวแกน X,Y,Z อีกด้วย



รูปที่ 3.23 วงจรแหล่งจ่ายไฟสำหรับวงจรขยายสัญญาณ, วงจรกรองสัญญาณ, วงจรภาคส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

วิธีการทดสอบและผลการทดสอบ

4.1 การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างผลรวมศักดาของควอดแดรนต์ (V_{sum}) กับระยะจาก Laser coupling ถึง Laser coupling lens (Z)

4.1.1 เงื่อนไขการทดสอบ

ระบบการปรับตำแหน่งลำแสงเลเซอร์แบบอัตโนมัติจะสามารถทำงานได้ถูกต้อง ก็ต่อเมื่อมีลำแสงเลเซอร์ตรงลงไปที่ควอดแดรนต์โฟโตไดโอดอย่างน้อย 1 ควอดแดรนต์

4.1.2 วิธีการทดสอบ

1) จัดวางระยะห่างระหว่าง Laser coupling และ Laser coupling lens ให้อยู่ในระยะใช้งาน และใช้ $V_{mod} = 560 \text{ mV}$ โดยที่ V_{mod} คือ ศักดาที่ภาคส่งจ่ายไปที่ Laser generator

2) เปิดระบบการปรับตำแหน่งลำแสงเลเซอร์แบบอัตโนมัติเพื่อให้ลำแสงอยู่ตรงจุดกึ่งกลางกับ Laser coupling lens มากที่สุด และตรงกับเงื่อนไขของโปรแกรม คือ

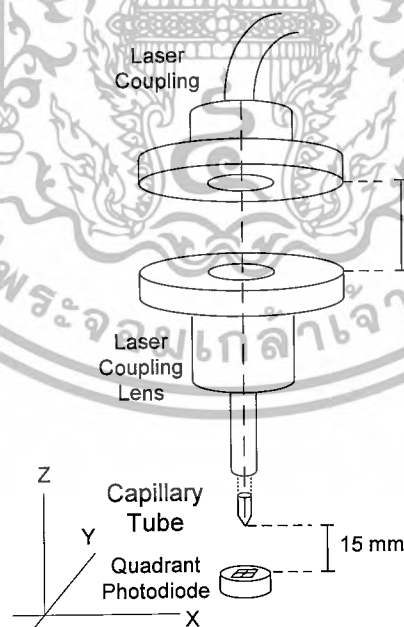
$$V_{Q1} + V_{Q4} = V_{Q2} + V_{Q3} \quad \text{และ} \quad V_{Q1} + V_{Q2} = V_{Q3} + V_{Q4} \quad \text{เมื่อกำหนดให้}$$

V_{Q1} คือ ศักดาที่เอาต์พุตของวงจรถ่ายที่ควอดแดรนต์ที่ 1 (V)

V_{Q2} คือ ศักดาที่เอาต์พุตของวงจรถ่ายที่ควอดแดรนต์ที่ 2 (V)

V_{Q3} คือ ศักดาที่เอาต์พุตของวงจรถ่ายที่ควอดแดรนต์ที่ 3 (V)

V_{Q4} คือ ศักดาที่เอาต์พุตของวงจรถ่ายที่ควอดแดรนต์ที่ 4 (V)



รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะทางกายภาพของการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างผลรวมศักดาของควอดแดรนต์ (V_{sum}) กับระยะจาก Laser coupling ถึง Laser coupling lens (Z)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3) วัดระยะทาง Z แล้วบันทึกค่า V_{sum} ตั้งแต่ระยะทาง 0 – 24 mm โดยเพิ่มขึ้นทีละ 0.25 mm
- 4) พล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างผลรวมศักดาของควอดแดรนต์ (V_{sum}) กับระยะจาก Laser coupling ถึง Laser coupling lens (Z) แล้ววิเคราะห์รูปกราฟ

4.1.3 ผลการทดสอบ

- 1) ข้อมูลหลังจากบันทึกค่า V_{sum} ตั้งแต่ระยะทาง 0 – 24 mm โดยเพิ่มขึ้นทีละ 0.25 mm เป็นตารางดังนี้

Z (mm)	Vsum (mV)	Z (mm)	Vsum (mV)	Z (mm)	Vsum (mV)	Z (mm)	Vsum (mV)
0	11900	6.25	12180	12.5	10700	18.75	8760
0.25	11920	6.5	12120	12.75	10640	19	8700
0.5	11940	6.75	12090	13	10600	19.25	8660
0.75	11950	7	12060	13.25	10540	19.5	8610
1	11970	7.25	11980	13.5	10480	19.75	8540
1.25	11990	7.5	11900	13.75	10420	20	8500
1.5	12000	7.75	11800	14	10370	20.25	8370
1.75	12020	8	11700	14.25	10340	20.5	8260
2	12030	8.25	11650	14.5	10300	20.75	8130
2.25	12050	8.5	11600	14.75	10250	21	8000
2.5	12070	8.75	11530	15	10150	21.25	7930
2.75	12080	9	11470	15.25	10110	21.5	7850
3	12090	9.25	11430	15.5	10050	21.75	7770
3.25	12090	9.5	11390	15.75	10010	22	7750
3.5	12100	9.75	11300	16	9940	22.25	7730
3.75	12100	10	11280	16.25	9860	22.5	7710
4	12120	10.25	11230	16.5	9780	22.75	7700
4.25	12140	10.5	11190	16.75	9700	23	7680
4.5	12160	10.75	11150	17	9630	23.25	7670
4.75	12170	11	11100	17.25	9440	23.5	7640
5	12190	11.25	11020	17.5	9200	23.75	7630
5.25	12210	11.5	10940	17.75	8970	24	7600
5.5	12230	11.75	10860	18	8900		
5.75	12240	12	10800	18.25	8860		
6	12250	12.25	10750	18.5	8810		

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างผลรวมศักดาของควอดแดรนต์ (V_{sum}) กับระยะจาก Laser coupling ถึง Laser coupling lens (Z)

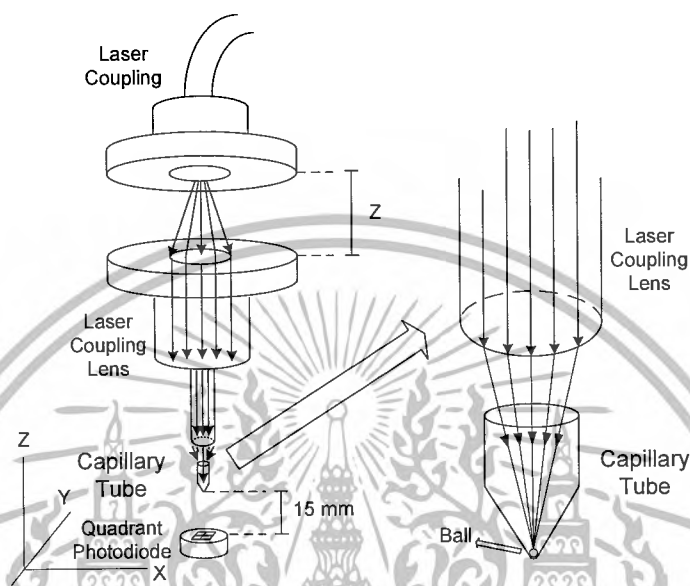
- 2) หลังจากทีพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างผลรวมศักดาของควอดแดรนต์ (V_{sum}) กับระยะจาก Laser coupling ถึง Laser coupling lens (Z) แล้ว เมื่อวิเคราะห์จากกราฟ

V_{max} คือ V_{sum} ที่มีค่ามากที่สุดซึ่งเกิดจากระยะ Z ที่มีค่าเท่ากับ 6 mm

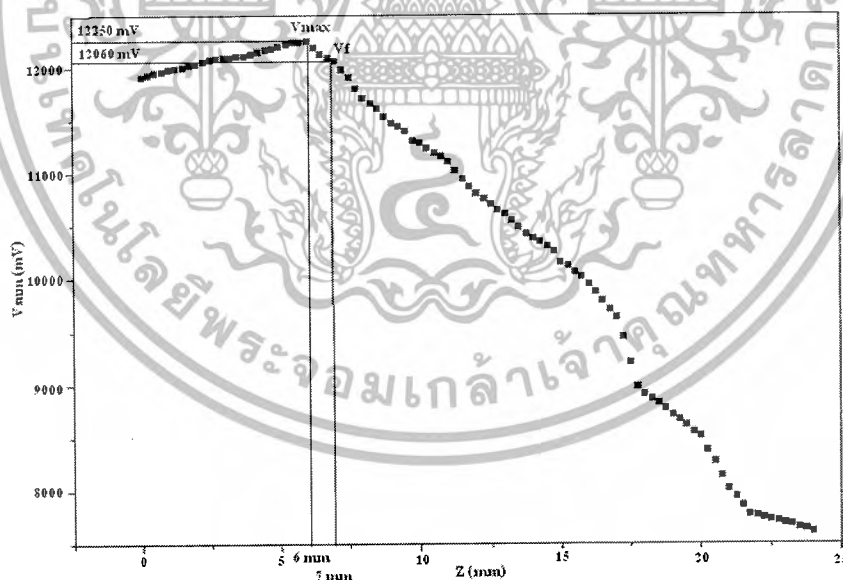
V_f คือ V_{sum} ที่มีค่าลดลงมาจาก V_{max} เพียงเล็กน้อย ซึ่งเป็นจุดที่ต้องการ เนื่องจาก ระบบการ

เอกสารนี้เป็นฉบับร่างของเอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน (ภาคเรียนที่ 1) ปีการศึกษา 2564
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะว่า V_{sum} ที่มีค่ามากที่สุดจะเกิดขึ้นเมื่อลำแสงไปโฟกัสที่ปลายหลอด Capillary tube เมื่อดูจากรูปที่ 4.2 พบว่า เราต้องการระยะ Z ที่ทำให้ลำแสงโฟกัสไปที่ Ball ซึ่งมีขนาดประมาณ $80 \mu m$ เราจึงต้องเพิ่มระยะ Z เพื่อให้ได้ระยะโฟกัสตามที่ต้องการ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 7 mm และทราบถึงค่า V_{sum} ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1206 mV และนำไปใช้เป็นตัวแปรในการประมวลผลในโปรแกรมเพื่อให้ได้ระยะ Z ที่ต้องการ



รูปที่ 4.2 ภาพจำลองการหักเหของลำแสงเลเซอร์ที่ผ่าน Laser coupling lens และ Capillary tube



รูปที่ 4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างผลรวมศักดาของควอดแดนต์ (V_{sum}) กับระยะจาก Laser coupling ถึง Laser coupling lens (Z)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดสอบระบบการปรับตำแหน่งลำแสงเลเซอร์แบบอัตโนมัติ

4.2.1 เงื่อนไขการทดสอบ

ระบบการปรับตำแหน่งลำแสงเลเซอร์แบบอัตโนมัติจะสามารถทำงานได้ถูกต้อง ก็ต่อเมื่อมีลำแสงเลเซอร์ตรงลงไปที่ยอดแคนซ์โฟโตไดโอดอย่างน้อย 1 ควอดแคนซ์

4.2.2 วิธีการทดสอบ

- 1) จัดวางระยะห่างระหว่าง Laser coupling และ Laser coupling lens ให้อยู่ในระยะใช้งาน
- 2) เปิดระบบการปรับตำแหน่งลำแสงเลเซอร์แบบอัตโนมัติเพื่อให้ลำแสงอยู่ตรงจุดกึ่งกลางกับ Laser coupling lens มากที่สุด และตรงกับเงื่อนไขของโปรแกรม คือ

$$|(V_{Q1} + V_{Q4}) - (V_{Q2} + V_{Q3})| \leq 5\%$$

$$|(V_{Q1} + V_{Q2}) - (V_{Q3} + V_{Q4})| \leq 5\%$$

$$11.87 V \leq V_{sum} \leq 12.25 V$$

โดยจะแสดงผลการปรับตำแหน่งที่เสร็จแล้วด้วย LED แกน X, Y และ Z

- 3) บันทึกค่า V_{Q1} , V_{Q2} , V_{Q3} , V_{Q4} และ V_{sum} จำนวน 10 รอบการทำงาน

4.2.3 ผลการทดสอบ

- 1) ข้อมูลหลังจากบันทึกค่า V_{Q1} , V_{Q2} , V_{Q3} , V_{Q4} และ V_{sum} จำนวน 10 รอบการทำงานเป็นตารางดังนี้

ลำดับที่	V_{Q1}	V_{Q2}	V_{Q3}	V_{Q4}	V_{sum}	LED X	LED Y	LED Z
1	3.15	2.99	3.05	3.01	12.23	สว่าง	สว่าง	สว่าง
2	3.13	3.01	3.03	3.03	12.23	สว่าง	สว่าง	สว่าง
3	3.13	3.01	3.01	3.03	12.21	สว่าง	สว่าง	สว่าง
4	3.09	3.03	2.98	3.01	12.13	สว่าง	สว่าง	สว่าง
5	2.98	3.01	2.92	2.98	11.9	สว่าง	สว่าง	สว่าง
6	2.99	3.01	2.96	2.98	11.96	สว่าง	สว่าง	สว่าง
7	2.99	3.01	2.92	2.99	11.94	สว่าง	สว่าง	สว่าง
8	2.99	3.03	2.94	2.99	11.98	สว่าง	สว่าง	สว่าง
9	2.98	3.01	2.94	2.98	11.92	สว่าง	สว่าง	สว่าง
10	2.98	3.03	2.9	2.98	11.88	สว่าง	สว่าง	สว่าง

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบการทำงานของระบบการปรับตำแหน่งลำแสงเลเซอร์แบบอัตโนมัติ

4.3 รูปสัญญาณที่จุดต่างๆในวงจรของระบบการปรับตำแหน่งลำแสงเลเซอร์แบบอัตโนมัติ

4.3.1 วิธีการทดสอบ

บันทึกรูปสัญญาณที่จุดต่างๆในวงจร ดังนี้

รูปสัญญาณภาคส่ง

รูปสัญญาณที่เอาต์พุตของวงจรทรานส์อิมพีแดนซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปสัญญาณที่ผ่านการขยายด้วย Noninverting Amplifier

รูปสัญญาณที่ผ่านการกรองโดยใช้การเรโซแนนซ์ของ crystal

รูปสัญญาณเอาต์พุตของวงจรภาครับที่เป็นสัญญาณ DC

รูปสัญญาณเอาต์พุตของวงจรภาครับที่เป็นสัญญาณ AC หรือ ripple

รูปสัญญาณอินพุตของวงจร differential amplifier

รูปสัญญาณเอาต์พุตของวงจร differential amplifier

รูปสัญญาณเอาต์พุตของ ULN 2003 ครั้งที่ 1

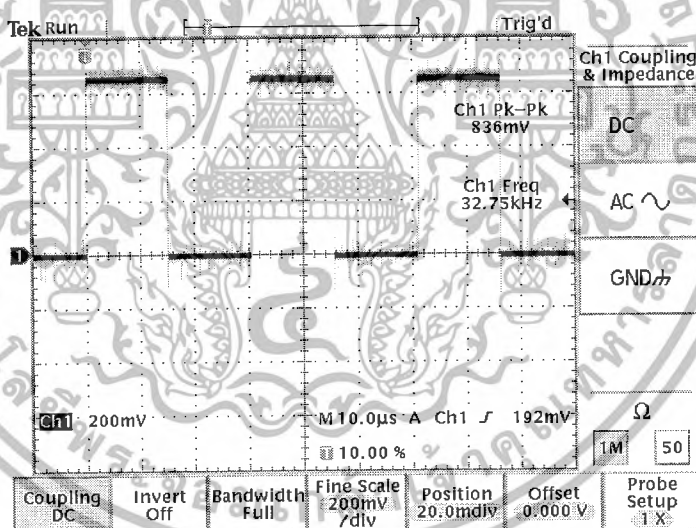
รูปสัญญาณเอาต์พุตของ ULN 2003 ครั้งที่ 2

(หมายเหตุ ในการบันทึกที่รูปสัญญาณจะเลือกใช้ควอดแคนซ์เพียงควอดแตรนซ์เดียวเท่านั้น)

4.3.2 ผลการทดสอบ

4.3.2.1 ภาคส่งสัญญาณ

เริ่มจากภาคส่งสัญญาณจะให้ค่า pulse ที่ความถี่ $f = 32.768\text{kHz}$ เราจะวัดที่ค่าเอาต์พุตของสัญญาณภาคส่งซึ่งมีลักษณะกราฟดังนี้



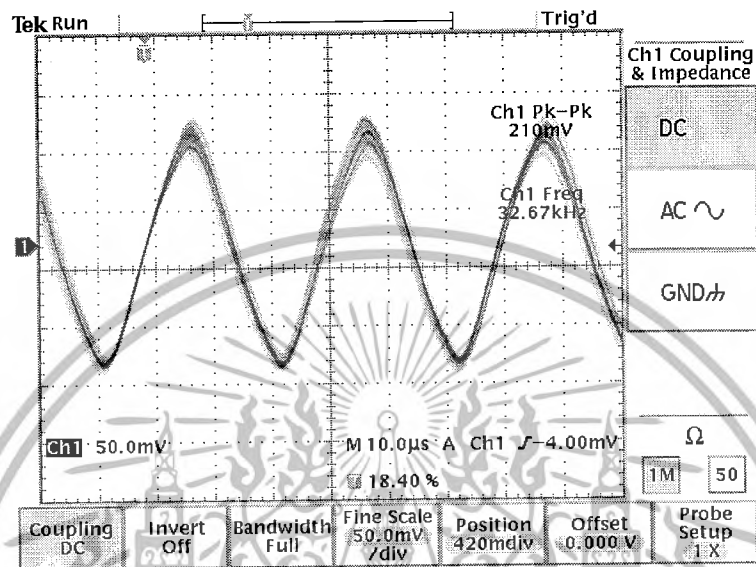
รูปที่ 4.4 รูปสัญญาณภาคส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2.2 ภาครีบสัญญาณ

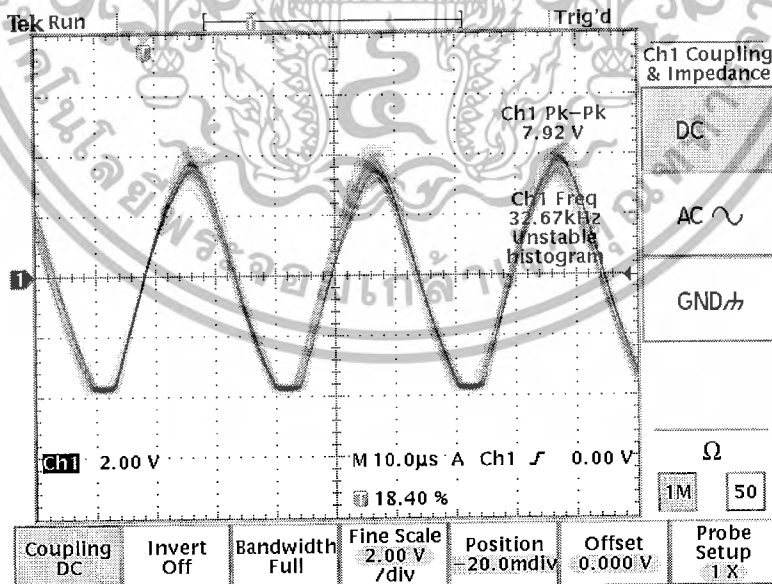
4.3.2.2.1 วงจรทรานซิมพีแดนซ์

จับสัญญาณที่เอาต์พุทของวงจรทรานซิมพีแดนซ์ เนื่องจากให้สัญญาณที่เหมือนกันทั้ง 4 ควอดแรนท์จึงจับเพียง 1 ควอดแรนท์เท่านั้นและสัญญาณที่ได้เป็นดังนี้



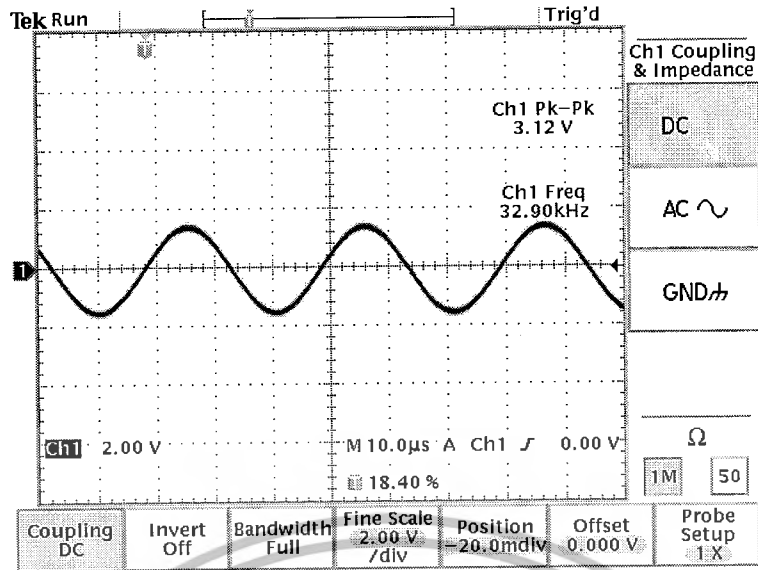
รูปที่ 4.5 รูปสัญญาณที่เอาต์พุทของวงจรทรานซิมพีแดนซ์

4.3.2.2.2 วงจรขยายและวงจรกรองสัญญาณ



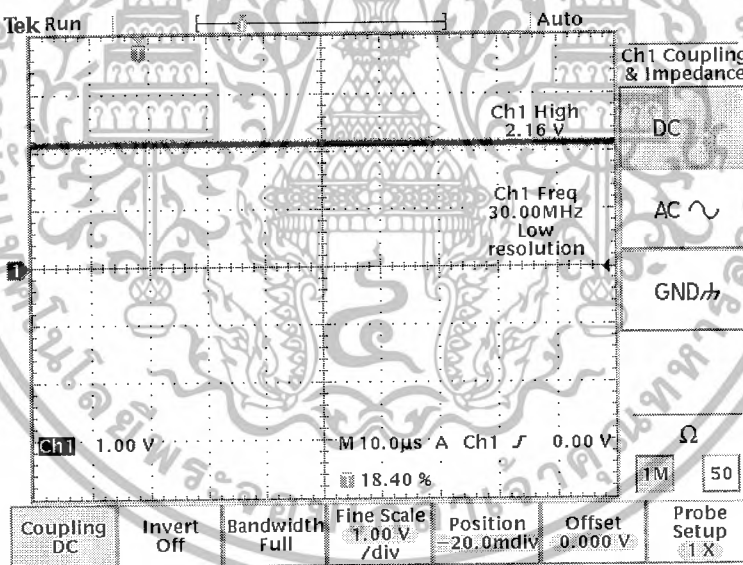
รูปที่ 4.6 รูปสัญญาณที่ผ่านการขยายด้วย Noninverting Amplifier

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



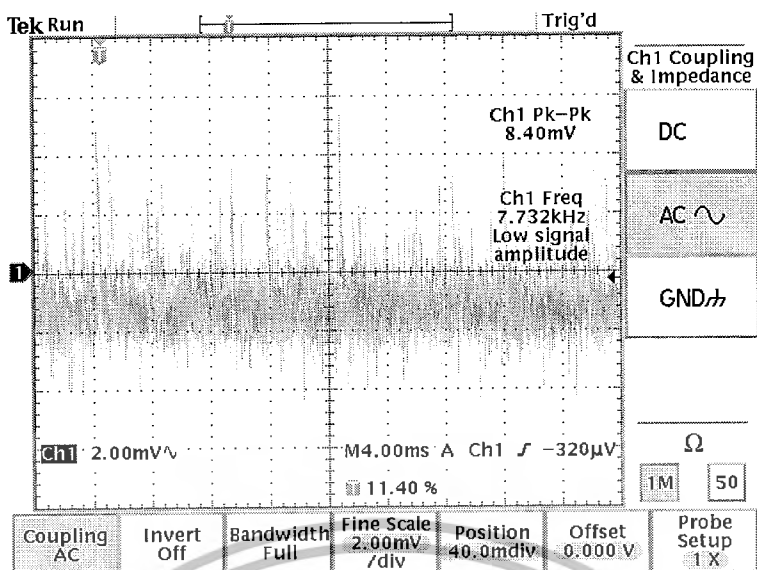
รูปที่ 4.7 สัญญาณที่ผ่านการกรองโดยใช้การเรโซแนนซ์ของ crystal

4.3.2.2 วงจรหาจุดสูงสุดของสัญญาณ หรือ Peak detector



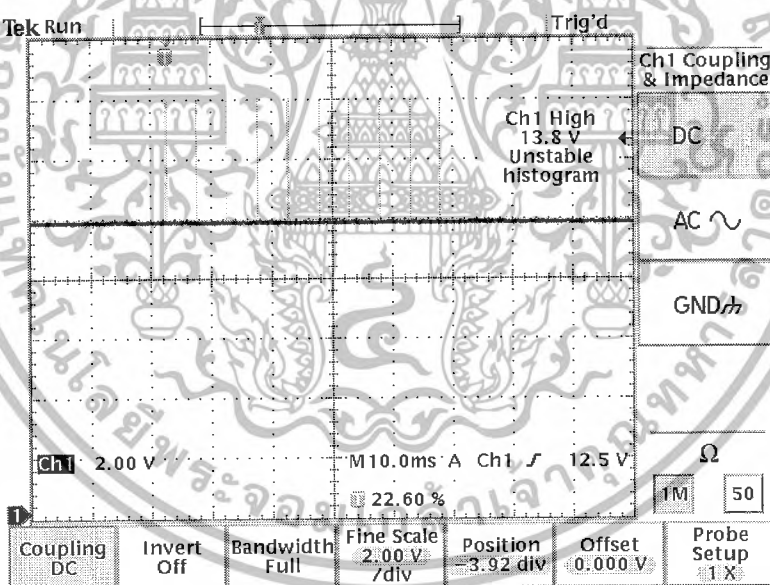
รูปที่ 4.8 รูปสัญญาณเอาต์พุทของวงจรจับที่เป็นสัญญาณ DC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



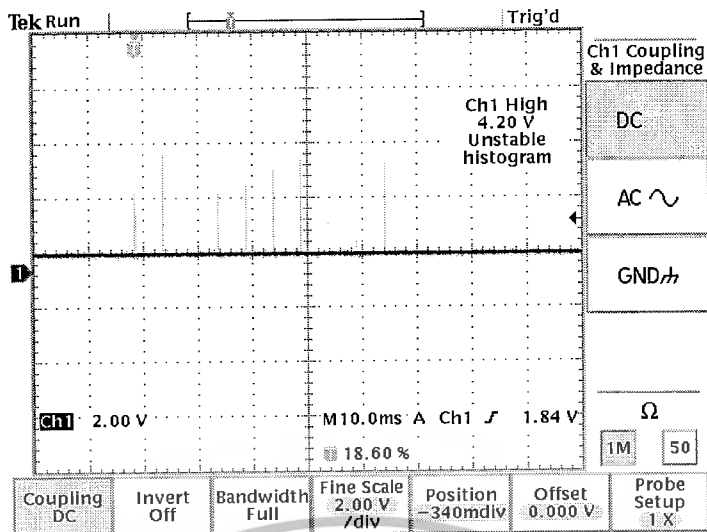
รูปที่ 4.9 รูปสัญญาณเอาต์พุตของวงจรภาครับที่เป็นสัญญาณ AC หรือ ripple

4.3.2.3 วงจรภาคควบคุมไมโครสตรีจ

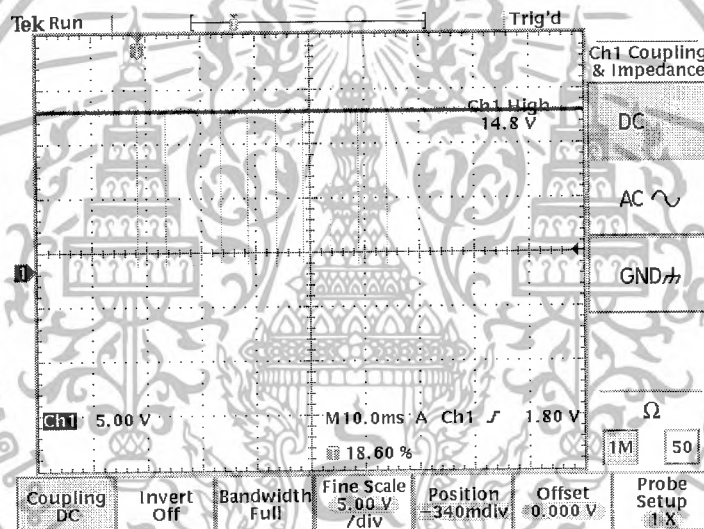


รูปที่ 4.10 รูปสัญญาณอินพุตของวงจร differential amplifier

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

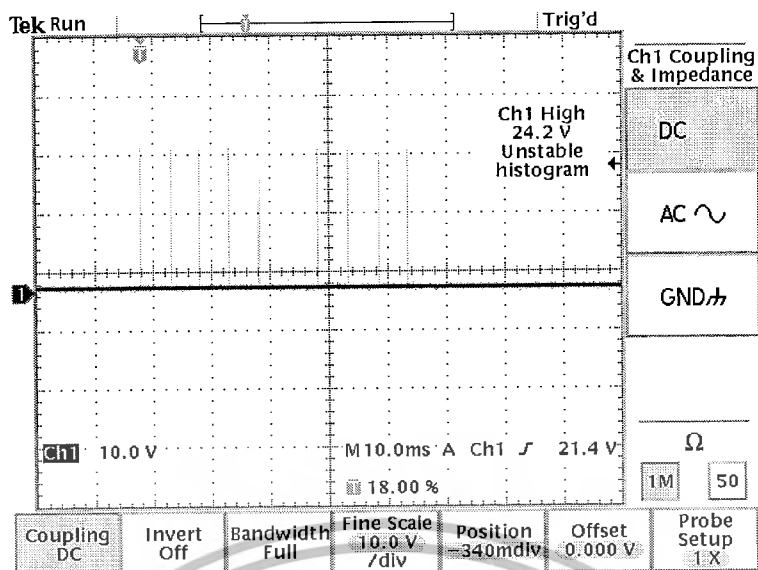


รูปที่ 4.11 รูปสัญญาณเอาต์พุตของวงจร differential amplifier



รูปที่ 4.12 รูปสัญญาณเอาต์พุตของ ULN 2003 ครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 รูปสัญญาณเอาต์พุตของ ULN 2003 ครั้งที่ 2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

วิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบประสิทธิภาพของวงจร

5.1) สรุปผลการทดสอบ

ภาคส่งสัญญาณ

ในขณะที่ยังไม่ได้ต่อภาคส่งเข้ากับสัญญาณ Laser Generator ภาคส่งสามารถจ่ายไฟที่มีขนาด 0 - 1 V ที่ความถี่ 32.768 KHz และแสดงผลที่ Digital Voltmeter ได้ ต่อมาเมื่อต่อภาคส่งเข้ากับ Laser Generator แล้ว Digital Voltmeter จะแสดงผลน้อยกว่าความเป็นจริง เช่น ตอนแรกจ่ายไฟ 0.9 V ต่อมาเมื่อต่อเข้ากับ laser Generator แล้ว จะมีค่าแสดงจนลดลงเหลือ 0.5 V จากสิ่งที่เกิดขึ้นดังกล่าวก็ไม่ได้ทำให้ภาคส่งทำงานผิดปกติ และสามารถส่งสัญญาณได้อย่างคงที่

ภาครับสัญญาณ

วงจรทรานส์อิมพีแดนซ์มีความไวต่อแสงและไฟบ้านอย่างมาก เนื่องจากใช้ Gain ที่มีค่าสูงมากถึง 10 MV/A ซึ่งทำให้รับสัญญาณรบกวนเข้ามาและขยาย อย่างไรก็ตาม ในวงจรขยายและกรองสัญญาณสามารถที่จะกรองสัญญาณรบกวนอื่นๆออกได้เหลือเพียงสัญญาณที่ต้องการด้วย Crystal 32.768 KHz ผ่านไปยังวงจร Peak detector เพื่อแปลงเป็นไฟกระแสตรง 0-5 Volt ส่งไปยัง ADC ของ PIC Microcontroller

ภาคระบบควบคุมไมโครสเตรท

ในส่วนของโปรแกรมที่เขียนใน PIC Microcontroller ได้ใช้สมการคณิตศาสตร์ในการประมวลผลเพื่อส่งสัญญาณเอาต์พุตออกไปควบคุมสเตปมอเตอร์ทั้ง 3 ตัว ซึ่งก็คือ แกน X แกน Y และ แกน Z ในการทดสอบระบบการปรับตำแหน่งลำแสงเลเซอร์ แบบอัตโนมัติ ผลจากการทดสอบมีความสอดคล้องกับสมการที่เขียนใน โปรแกรมควบคุมซึ่งจะแสดงผลเป็นตัวเลขในโปรแกรม Hyperterminal

5.2) วิจารณ์ผลการทดสอบ

ความคลาดเคลื่อนในการปรับตำแหน่งเลเซอร์แบบอัตโนมัติ เกิดจากวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ ยังไม่มีความละเอียดและแม่นยำเพียงพอเนื่องจากผู้จัดทำโครงการได้สร้างด้วยตนเอง อีกทั้ง อุปกรณ์บางส่วนที่ต้องมีการตัดและกลึง ต้องถูกสร้างขึ้นจากโรงงานที่สามารถผลิตอุปกรณ์ได้อย่างแม่นยำตรงตามความต้องการของผู้จัดทำ อุปกรณ์ที่สำคัญได้แก่ Laser Coupling lens , Capillary tube และ ฐานที่ใช้ยึดไมโครสเตรท ยังไม่สามารถจัดเรียงได้ตรงในระดับที่จะใช้งานจริงได้ และ ลำแสงมีโอกาสหักเหผิดพลาดไม่ตรงที่ควอดแรนท์โฟโตไดโอดได้ ในส่วนของโปรแกรมและกระบวนการทางคณิตศาสตร์สามารถพัฒนา เพื่อให้การปรับตำแหน่งเป็นไปได้อย่างถูกต้องและรวดเร็วที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

- 1) คู่มือ เครื่องาม, “สิ่งประดิษฐ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ : ฟิสิกส์ เทคโนโลยีและการใช้งาน เล่ม 1” , สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542
- 2) คู่มือ เครื่องาม, “สิ่งประดิษฐ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ : ฟิสิกส์ เทคโนโลยีและการใช้งาน เล่ม 2” , สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542
- 3) www.google.co.th
- 4) <http://ly.rsdelivers.com/product/centronic/qd7-5t/si-quadrant-photodiode-qd7-5t-7sqmm/0652027.aspx>
- 5) http://www.technique-care.com/index.php?option=com_content&view=article&id=79:-stepping-motor&catid=36:-cat&Itemid=78



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



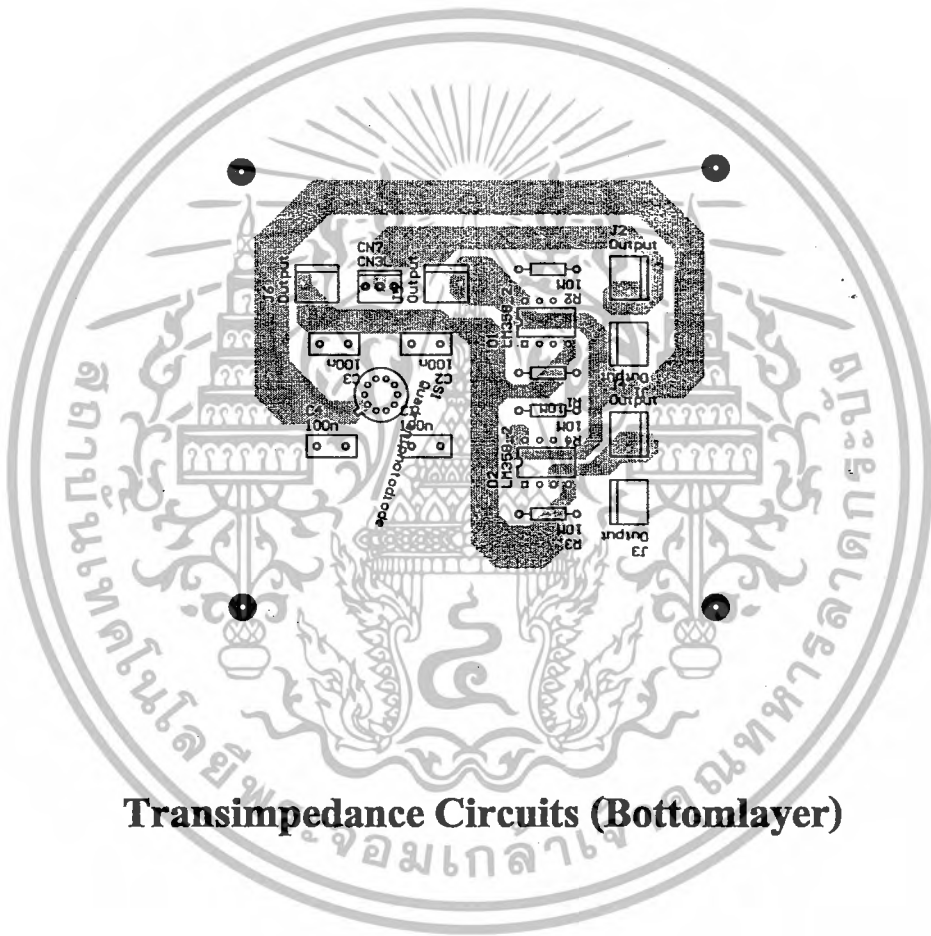
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Transimpedance Circuits (Toplayer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



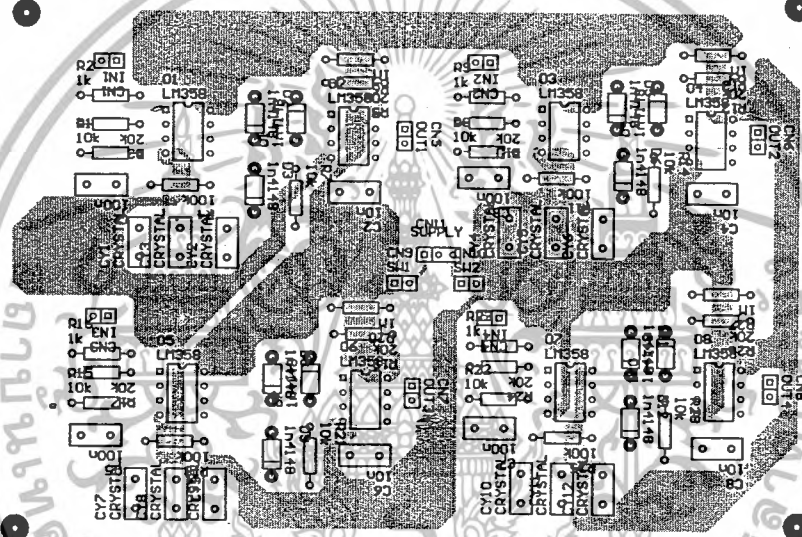
Transimpedance Circuits (Bottomlayer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



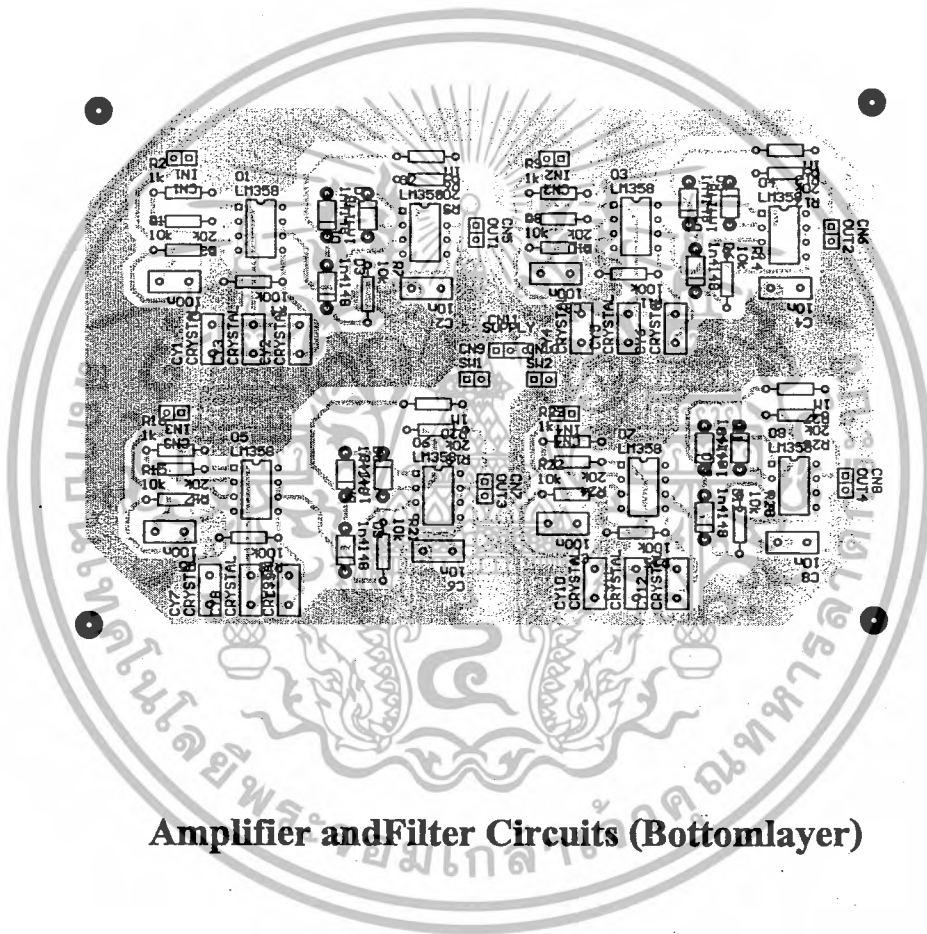
Transmitter Circuits (Bottomlayer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



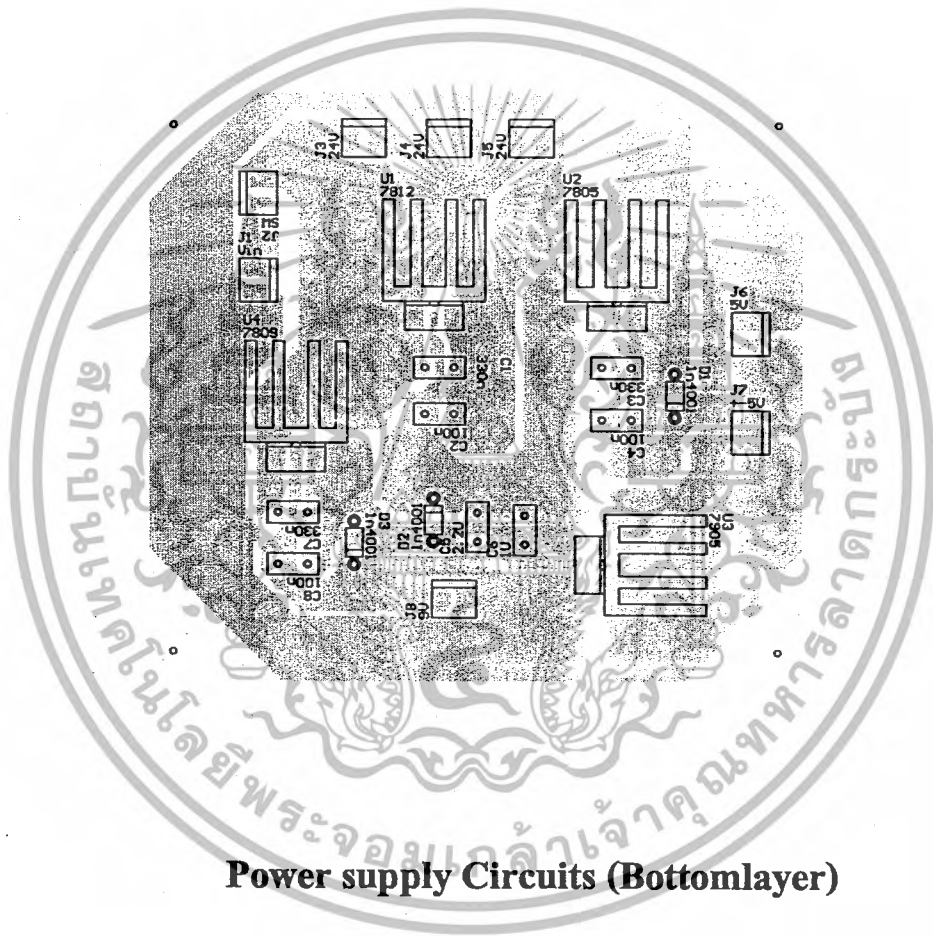
Amplifier and Filter Circuits (Toplayer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



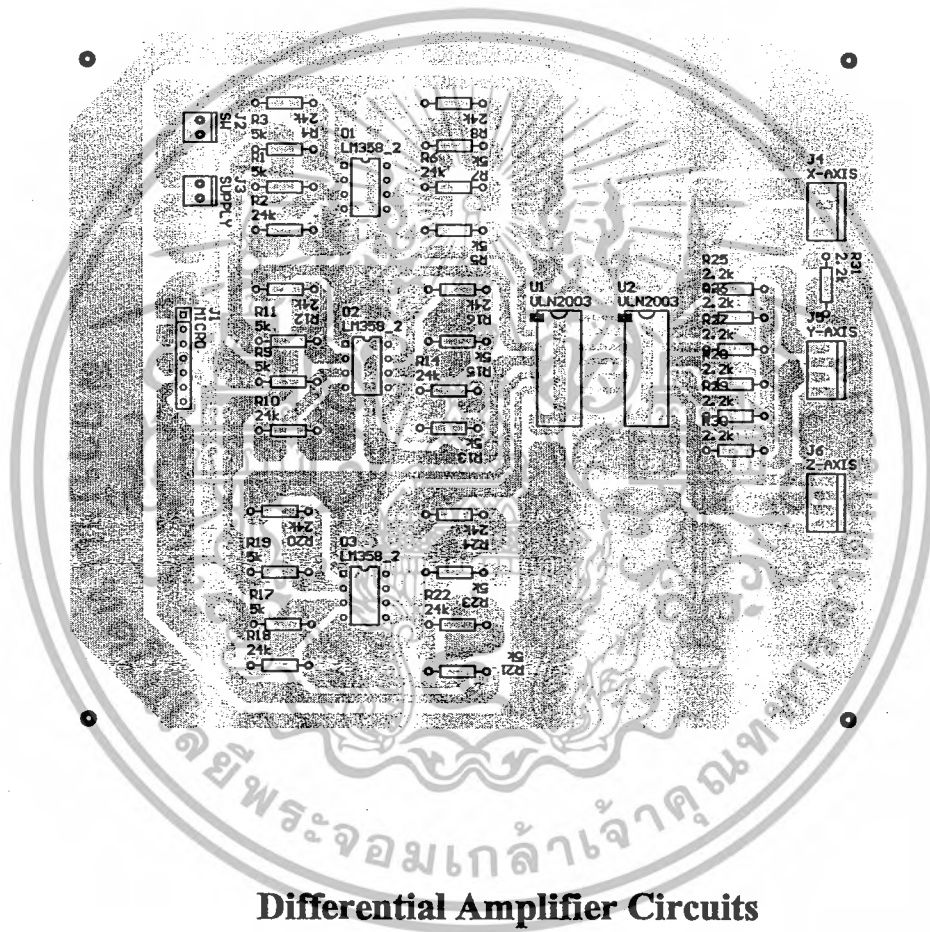
Amplifier and Filter Circuits (Bottomlayer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น. อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Power supply Circuits (Bottomlayer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Differential Amplifier Circuits
&ULN2003 Circuits (Bottomlayer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมภากระบบควบคุมไมโครสเตจ

```
#include <16F77.h>

#define ADC=10

#define HS

#define NOWDT

#define NOPROTECT

#define delay(clock=4000000)

#define rs232(baud=9600, xmit=PIN_C6, rcv=PIN_C7)

void main() {

    int32 v1,v2,v3,v4;

    int32 c1,c2,c3,c4;

    int32 vx,vy;

    int32 SumC;

    int16 xp,yp;

    int16 delay1 = 5;

    int16 delay2 = 5;

    int16 lngx,lngy;

    int16 iter;

    int16 g1;

    int16 chkout= 1;

    int16 chkoutz= 1;

    int16 start = 0;

    lngx = 2000;

    lngy = 2000;

    set_tris_d(0x00);

    set_tris_b(0xF0);

    setup_adc( ADC_CLOCK_INTERNAL );

    setup_adc_ports( ALL_ANALOG );

    xp =0;yp=0;

    while (input(PIN_B4) )

    {
```

```
        printf("\n Press start botton ");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

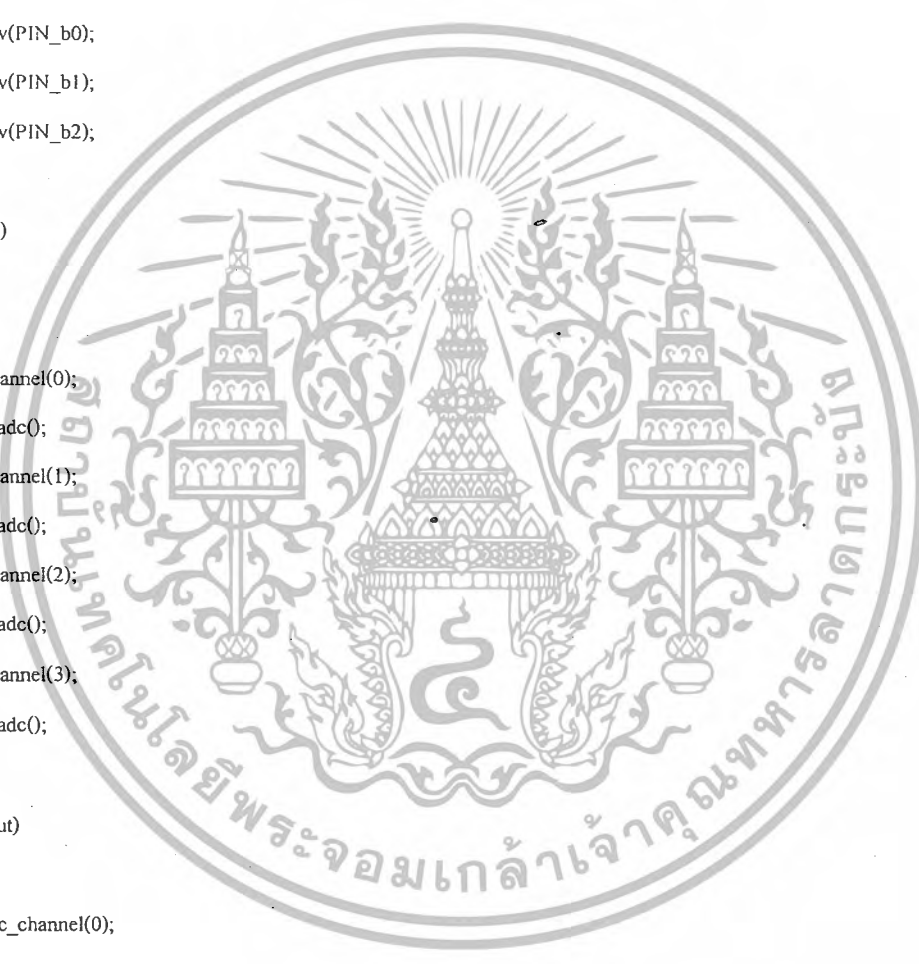
output_low(PIN_d0);
output_low(PIN_d1);
output_low(PIN_d2);
output_low(PIN_d3);
output_low(PIN_d4);
output_low(PIN_d5);
output_low(PIN_d6);
output_low(PIN_d7);

output_low(PIN_b0);
output_low(PIN_b1);
output_low(PIN_b2);
}
while(chkoutz)
{

set_adc_channel(0);
v1 = read_adc();
set_adc_channel(1);
v2 = read_adc();
set_adc_channel(2);
v3 = read_adc();
set_adc_channel(3);
v4 = read_adc();

while(chkout)
{
set_adc_channel(0);
v1 = read_adc();
set_adc_channel(1);
v2 = read_adc();
set_adc_channel(2);
v3 = read_adc();
set_adc_channel(3);
v4 = read_adc();
g1 = (10*5)/100;
delay1 = g1;

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

delay2 = 5-g1;

c1=v1+v4;
c2=v2+v3;
c3=v1+v2;
c4=v3+v4;

printf("\nVQ1: %ld \t Quadrant 1 voltage: %2.2f V ",v1,v1*0.000076593);
printf("\nVQ2: %ld \t Quadrant 2 voltage: %2.2f V ",v2,v2*0.000076593);
printf("\nVQ3: %ld \t Quadrant 3 voltage: %2.2f V ",v3,v3*0.000076593);
printf("\nVQ4: %ld \t Quadrant 4 voltage: %2.2f V ",v4,v4*0.000076593);
SumC = v1+v2+v3+v4;

printf("\nSum: %ld",SumC);

vx=c1-c2;

if((lngx<abs(vx))&(c1>c2))
{
for (iter=0;iter<10;iter++)
{
output_high(PIN_d0);
output_high(PIN_d1);
delay_ms(delay1);
output_low(PIN_d0);
output_high(PIN_d1);
delay_ms(delay2);
}
yp=0;
xp=0;
}
else if((lngx<abs(vx))&(c1<c2))
{
for (iter=0;iter<10;iter++)
{
output_high(PIN_d0);
output_low(PIN_d1);
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

delay_ms(delay1);

output_low(PIN_d0);

output_low(PIN_d1);

delay_ms(delay2);

}

yp =0;

xp =0;

}

else

{

xp = 1;

}

vy=c3-c4;

if(lngy<(abs(vy))&(c3>c4))

{

for (iter=0;iter<10;iter++)

{

output_low(PIN_d2);

output_high(PIN_d3);

delay_ms(delay1);

output_low(PIN_d2);

output_low(PIN_d3);

delay_ms(delay2);

}

yp =0;

xp =0;

}

else if((lngy<abs(vy))&(c3<c4))

{

vy=c4-c3;

for (iter=0;iter<10;iter++)

{

output_high(PIN_d2);

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น. อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```

    }
    chkout = 1;
    ;
else if(SumC<=155000)
{
for (iter=0;iter<5;iter++)
{
output_high(PIN_d4);
output_high(PIN_d5);
delay_ms(delay1);
output_low(PIN_d4);
output_high(PIN_d5);
delay_ms(delay2);
}
chkout = 1;
}
else
{
chkoutz = 0;
output_high(PIN_b2);
SumC = v1+v2+v3+v4;
printf("\r\nSum: %d \t Total voltage: %2.2f V ",SumC,v1*(5.0/65280)+v2*(5.0/65280)+v3*(5.0/65280)+v4*(5.0/65280));
printf("\r\n Z Axis alignment complete.");
}
}

printf("\r\n System enable...");
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีก้ารนำไปใช้

Frequently Asked Questions LQx,LPM Laser Diodes

1) What is the correct power supply for my LQx, LPM?

Refer to Table I

Wavelength Range	Power Supply Model (Output Voltage)
635-2330 nm	LPMS-5-110 or LPMS-5-220 (5VDC)
375-473 nm	LIQS-12-110 or LIQS-12-220 (12VDC)

Table I: Recommended power supply as a function of wavelength

2) Why is my laser not lasing?

a) LQA series:

After confirming the correct power supply is connected check the modulation port. LQA lasers must be modulated in order for the laser to be operational. The user will need to supply an analog signal making note of the following limits:
0V (below threshold)
1V (full power)

b) LQD series:

After confirming the correct power supply is connected check the modulation port. LQD lasers must be modulated in order for the laser to be operational. The user will need to supply a TTL signal making note of the following limits:
0V (full power)
5V (below threshold)

c) LPM series:

After you have confirmed the LPM is connected to the proper power supply check the position of the potentiometer (gain adjustment). Two potentiometers are located on the rear of the unit. The user adjustable potentiometer is not sealed. The sealed potentiometer can be adjusted only by Newport. Maximum power output is attained by rotating the potentiometer 3/4 turn clockwise.

LQx / RLx Series



LQx and RLx Series User's Manual



Newport®

Experience Solutions

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Warranty

Newport Corporation warrants that this product will be free from defects in material and workmanship and will comply with Newport's published specifications at the time of sale for a period of 90 days from date of shipment. If found to be defective during the warranty period, the product will either be repaired or replaced at Newport's option.

To exercise this warranty, write or call your local Newport office or representative, or contact Newport headquarters in Irvine, California. You will be given prompt assistance and return instructions. Send the product, freight prepaid, to the indicated service facility. Repairs will be made and the instrument returned freight prepaid. Repaired products are warranted for an additional 90 days.

Limitation of Warranty

The above warranties do not apply to products which have been repaired or modified without Newport's written approval, or products subjected to unusual physical, thermal or electrical stress, improper installation, misuse, abuse, accident or negligence in use, storage, transportation or handling. This warranty also does not apply to fuses, batteries, or damage from battery leakage.

This warranty is in lieu of all other warranties, expressed or implied, including any implied warranty of merchantability or fitness for a particular use. Newport Corporation shall not be liable for any indirect, special, or consequential damages resulting from the purchase or use of its products.

First printing 2004

© 2008 by Power Technology and Newport Corporation. All rights reserved. No part of this manual may be reproduced or copied without the prior written approval of Newport Corporation.

This manual has been provided for information only and product specifications are subject to change without notice. Any change will be reflected in future printings.

Newport Corporation
1791 Deere Avenue
Irvine, CA, 92606 USA

P/N 41317-01.Rev. E

EU Declaration of Conformity

We declare that the accompanying product, identified with the **CE** mark, complies with requirements of the Electromagnetic Compatibility Directive, 89/336/EEC and the Low Voltage Directive 73/23/EEC.

Model Number: LQA, LQC, LQD, RLA, RLC, and RLD Series Laser Source Modules

Year **CE mark affixed: 2004**

Type of Equipment:

Electrical equipment for measurement, control and laboratory use

Standards Applied:

Compliance was demonstrated to the following standards to the extent applicable:

BS EN61326-1:1997+A1+A2 “Electrical equipment for measurement, control and laboratory use – EMC requirements”

This equipment meets the Class A radiated and conducted emission limits.

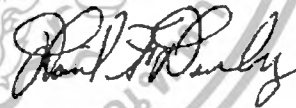
BS EN 61000-3-2:2001, Harmonic current emissions, Class A

BS EN 61000-3-3:2002, Voltage fluctuations and flicker

BS EN 61010-1:2001, A1+A2 “Safety requirements for electrical equipment for measurement, control and laboratory use”



Alain Danielo
VP European Operations
Zone Industrielle
45340 Beaune-la-Rolande, France



Dan Dunahay
Director of Quality Systems
1791 Deere Avenue
Irvine, Ca. USA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Technical Support Contacts

North America & Asia

Newport Corporation Service Dept.
1791 Deere Ave. Irvine, CA 92606
Telephone: (949) 253-1694
Telephone: (800) 222-6440 x31694

Europe

Newport/MICRO-CONTROLE S.A.
Zone Industrielle
45340 Beaune la Rolande, FRANCE
Telephone: (33) 02 38 40 51 56

Asia

Newport Opto-Electronics Technologies

253 Aidu Road, Bld #3, Flr 3, Sec C,
Shanghai 200131, China
Telephone: +86-21-5046 2300
Fax: +86-21-5046 2323

Newport Corporation Calling Procedure

If there are any defects in material or workmanship or a failure to meet specifications, promptly notify Newport's Returns Department by calling 1-800-222-6440 or by visiting our website at www.newport.com/returns within the warranty period to obtain a **Return Material Authorization Number (RMA#)**. Return the product to Newport Corporation, freight prepaid, clearly marked with the RMA# and we will either repair or replace it at our discretion. Newport is not responsible for damage occurring in transit and is not obligated to accept products returned without an RMA#.

E-mail: rma.service@newport.com

When calling Newport Corporation, please provide the customer care representative with the following information:

- Your Contact Information
- Serial number or original order number
- Description of problem (i.e., hardware or software)

To help our Technical Support Representatives diagnose your problem, please note the following conditions:

- Is the system used for manufacturing or research and development?
- What was the state of the system right before the problem?
- Have you seen this problem before? If so, how often?
- Can the system continue to operate with this problem? Or is the system non-operational?
- Can you identify anything that was different before this problem occurred?

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table Of Contents

Warranty.....	ii
EU Declaration of Conformity.....	iii
Technical Support Contacts	iv
Table Of Contents	v
List of Figures	v
List of Tables	v
1 General Information	1
1.1 Introduction	1
1.2 Installation	3
1.3 Operation	7
1.3.1 Operation and Control Procedure.....	7
1.3.2 Preventative Maintenance	7
1.3.3 Laser Safety	7
2 Appendix	9
2.1 LDM-OPT Modules	9
3 Factory Service Information	11
3.1 Service Form	11
List of Figures	
Figure 1 Dimensions of LQx and RLx series.....	2
Figure 2 LQX Connections	3
Figure 3 Product Caution/Danger Labels.....	8

List of Tables

Table 1 Diode and Power Supply Table	2
Table 2 Pin/Wire Table.....	4
Table 3 Temperature Monitor Look Up Chart.....	6
Table 4 Fiber and Connector Types Available for Pigtail	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 General Information

1.1 Introduction

Newport's **LQx Series Laser Diode Light Source Modules** can be used in analytical, industrial and biomedical applications, such as spectroscopy, interferometry, machine vision, marking, flow cytometry and tissue fluorescence. The **RLx Series** can be used for Raman spectroscopy, holography, and interferometry. Modules are available at various wavelengths and output power levels, with the choice of either elliptical or circular output beam shape for the LQx series. Both the LQx and RLx Series include self-contained laser diode modules with superior optical quality and ultra-stable temperature, wavelength and output power control. The LQx and RLx Series modules feature a precision current source and a PID temperature controller. Three types of LQx and RLx Series are featured:

LQC/RLC Series - CW operation

LQA/RLA Series - Analog modulation of up to 20 MHz

LQD/RLD Series - Digital modulation (via TTL) of up to 100 MHz

For the LQx Series, both elliptical (E versions) and circular beam output options are available. Circular beams are generated using either a microlens (C versions) or an anamorphic prism pair (P versions) resulting in a higher beam quality. The LQx Series can be ordered with a fiber pigtail. When the fiber pigtail option is applied to the LQx series, the part number becomes LDM-OPT-aa-bb, where aa denotes the laser module model and bb denotes the multi-mode fiber core diameter and connector type. See the Appendix for further information on the LQx series diode and fiber type used. The RLx Series comes standard with an SMA fiber pigtail.

The center wavelength indicated by the LQx model number is typical. Center wavelength accuracy for LQx Series is as follows:

Wavelengths less than 700 nm, accuracy +/- 10 nm

Wavelengths 700-1300 nm, accuracy +/- 15 nm

Wavelength 1300-1600 nm, accuracy +/- 20 nm

Wavelength greater than 1600 nm, accuracy +/- 10 nm

All RLx Series modules center wavelengths are accurate to +/- 0.5 nm

All LQx and RLx modules with wavelengths in the range 635nm -2330nm require an external 4.8 (~5) VDC power source. Modules with wavelengths below 500 nm require an 8 to 12 VDC power source. Newport offers a 5, 8 and 12 VDC supply for use with the LQx and RLx series. The operating voltage for the LQx and RLx series is dependent on the wavelength specifications of the laser diode module, as shown in the following table:

<u>Diode Module λ</u>	<u>Operating Voltage</u>	<u>Power Supply</u>	
		<u>110 VAC</u>	<u>220 VAC</u>
635-2330nm	5V	LPMS-5-110	LPMS-5-220
375-473nm	8V	LPMS-8-110	LPMS-8-220
375-473nm	12V	LIQS-12-110	LIQS-12-220

Table 1 Diode and Power Supply Table

The LPMS-5-110, LPMS-8-110 and LIQS-12-110 Power Supplies meet CDRH requirements by providing an interlock input, key enable switch, delayed start-up, and laser active indicator. These units are purchased separately and are not included with the Laser Diode Light Sources Modules. 220 VAC input versions are also available.

The LQx and RLx series can be configured with a variety of laser diodes at various output powers and operating wavelengths. Products with output powers above 5mW or with IR output are not intended for surveying, leveling, and alignment applications. Visible units less than 5mW are CDRH certified as laser systems.

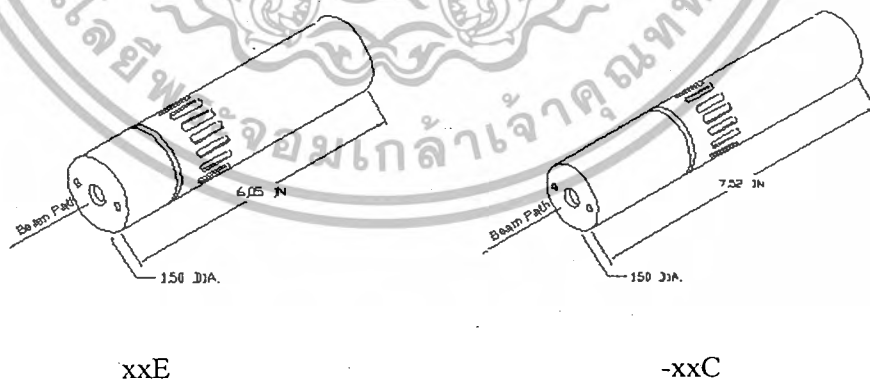


Figure 1 Dimensions of LQx and RLx series

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น. อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 Installation

Do not mount the laser in a thermal insulating material, such as foam plastic. Heat can have adverse effects on laser diodes. Such effects include decreased output power and large shifts in wavelengths. Lasers below 5mW may not need a heat sink. For best heat dissipation use a metal mounting fixture like Newport's ULM Series mounting brackets. A heat sink is always recommended for operating temperatures above 25°C.

The operating voltage for the LQx and RLx Series laser modules in the wavelength range of 635nm-2330nm is 5 VDC. Modules less than 500nm require 8 – 12 VDC.

If the label attached to the laser module reads, "This product complies with 21CFR 1040.10 and 1040.11," a permanently installed switch at the power source will be required to retain the modules certification as a laser system. This certification is void if the unit is enclosed or otherwise inaccessible, if the labels are modified or removed, or if the system is permanently connected (i.e. soldered, etc.) directly to the power source without the required switch. Modifying the laser will void the CDRH certification. If the distance between the laser head and the power source switch exceeds two meters, an emissions indicator must be mounted near the switch.

This laser module is connectorized for easy integration into your application. The 16-pin header connector is present on all units and accommodates the DC supply voltage and monitoring connections. Pin 1 is marked on the back of the unit with a red dot. On LQA/LQD and RLA/RLD series modules the modulation connection is incorporated into pins 13 and 14. (Previous LQA/LQD and RLA/RLD modules had two connectors on the rear panel. An SMC connector was provided for analog and TTL modulation input.) Connections are listed below:

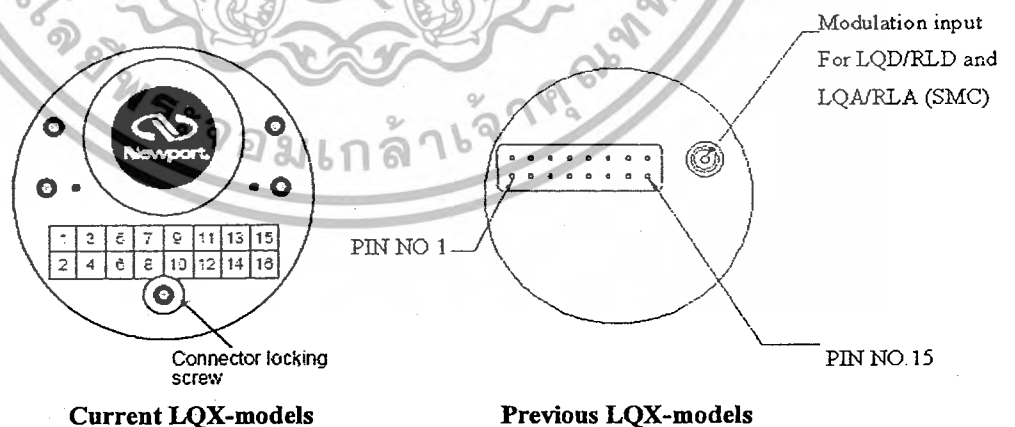


Figure 2 LQX Connections

A power only cable is provided with the LQx/RLx series. Newport supplies two accessory cables for easy access to the monitoring connections. The part number for the cables for the CW lasers is LQC-CAB and the cable part number for the analog and digital lasers is LQA-CAB. The LQA-CAB also incorporates a BNC input connector for analog or TTL modulation input. If you prefer to manufacture your own cable harness, we recommend using Molex part number 22-55-2161 and crimp terminal 16-02-0103 or equivalents. Newport's standard cable includes only the 5, 8 or 12 VDC and ground leads. A green bare wire adapter is included (see picture below) with the PPMS and LIQS series power supplies. It is for use with those laser diode modules that do not have a DB-9 connector installed. In this case, attach the module's black wire to the properly marked location (ground) on the bare wire adapter. Then attach the red wire to the proper location (5, 8 or 12V according to your laser's power requirement) on the bare wire adapter. Then, with the power supply turned off, attach the adapter to the DB-9 connector on the power supply.

Pin	Wire Color	Description
1	Red	5 VDC, 8VDC or 12VDC
2	Red	5 VDC, 8VDC or 12VDC
3		For future use
4	Gray	PDMON, Photodiode monitor (+)
5		For future use
6		For future use
7	Blue	LDIMON, Laser Diode Current Monitor (+)
8		For future use
9	White	TMPMON, Laser Diode Temperature Monitor (+)
10		For future use
11	Yellow	Error signal/Inhibit
12	Green	GRD, Monitoring ground
13	Green	Modulation Signal (+)
14	Green	GRD, Monitoring ground, Modulation Signal (-)
15	Black	Ground
16	Black	Ground

Table 2 Pin/Wire Table

To monitor laser diode current, read the voltage between the blue wire and green wire. This reading will be in mV with $1\text{mV}=1\text{mA}$.

To monitor laser diode temperature, read the voltage between the white wire and green wire. This reading will be in V. Use the chart below to calculate laser diode temperature. Please note that the temperature control pot is used

to set the desired temperature. There will be a short delay between adjusting the pot and monitoring a change in the laser diode temperature.

ANALOG MODULATION USERS: Analog modulation requires an input voltage on the BNC Connector of the LQA-CAB cable. A control voltage of 1 VDC will yield a 100% power output. A control voltage of 0 VDC will yield a threshold power output. The relationship between voltage and output power is not linear.

TTL MODULATION USERS: TTL modulation requires an input voltage on the BNC Connector of the LQA-CAB. A control voltage of 5 VDC will yield a threshold power output. A control voltage of 0 VDC will yield a 100% output. The laser is either ON or OFF depending on the control voltage. The LQD-xxE and LQD-xxP are easily connected to either a function or pulse generator.

TEMPERATURE MONITOR: The temperature of the laser diode can be monitored by measuring the voltage between Temperature Monitor Pin 9 (white) and Pin 14 (green).. This reading can be compared with the chart below to determine the diode's temperature.

Voltage	Temp	Voltage	Temp
0.950996483	-0.003050765	1.983406439	23.99951443
0.988555222	0.997046962	2.028	24.99963102
1.026862732	1.997145503	2.072331362	25.99974836
1.065891044	2.997244855	2.116360728	26.99986646
1.10560988	3.997345018	2.160049906	27.9999853
1.145986745	4.997445987	2.203362406	29.00010489
1.18698702	5.99754776	2.246263529	30.00022523
1.228574089	6.997650336	2.288720439	31.00034631
1.27070946	7.997753711	2.330702222	32.00046813
1.313352918	8.997857883	2.372179931	33.00059068
1.356462679	9.99796285	2.41312662	34.00071398
1.39999556	10.99806861	2.45351736	35.000838
1.44390716	11.99817516	2.493329247	36.00096275
1.488152041	12.99828249	2.532541399	37.00108824
1.532683927	13.99839061	2.571134938	38.00121444

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5774559	14.99849952	2.609092965	39.00134137
1.622420602	15.9986092	2.646400526	40.001469
1.667530436	16.99871966	2.683044569	41.00159739
1.71273777	17.99883089	2.71901389	42.00172648
1.757995134	18.9989429	2.754299082	43.00185628
1.803255416	19.99905568	2.788892466	44.00198678
1.848472054	20.99916922	2.822788029	45.002118
1.893599212	21.99928353	2.855981348	46.00224992
1.938591962	22.9993986	2.888469518	47.00238255

Table 3 Temperature Monitor Look Up Chart

ERROR/DISABLE: Pin 11 (yellow) has two functions. (1) It can be monitored for an error signal. If the voltage is low ($\sim 0\text{VDC}$) then laser diode has been shutdown due to temperature conditions or insufficient voltage is being supplied for operation of the laser. If the monitored voltage is high ($\sim 5\text{VDC}$), then the laser module is operating properly. (2) As a secondary function, the user can disable the laser output by grounding this pin.

1.3 Operation

1.3.1 Operation and Control Procedure



The LQx and RLx Series does not have any user adjustable controls. The user may adjust the focus or collimation of the output beam on E models by using the supplied spanner wrench to increase or decrease the distance between the diode and the optic. The P (prism) series does not have adjustable optics.

1.3.2 Preventative Maintenance

This laser module contains no user serviceable parts. Occasionally the optics may need cleaning depending on environmental conditions. When cleaning is required, the use of clean, compressed air is recommended to blow the optics clean. If compressed air fails, clean lens carefully with alcohol and a lint free rag or Q-tip.

1.3.3 Laser Safety

Class 3b and 4 lasers are not intended for use in surveying, leveling, alignment, or medical applications.

	<p style="text-align: center;">CAUTION</p> <p>Use of controls or adjustments or performance of procedures other than those specified herein may result in hazardous radiation exposure.</p>
	<p style="text-align: center;">CAUTION</p> <p>The use of optical instruments with this product will increase eye hazard. Do not shine laser in the direction of other people or at reflective surfaces that might cause exposure to the human eye. Do not mount the laser at eye level.</p>

Modifications, that affect any aspect of the product's performance or intended functions will require re-certification and re-identification of the product in accordance with the provisions of 21CFR 1040.10 and 1040.11.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The product labels shown below can typically be found near the output optics.

<p>Class II Laser: Visible Laser Radiation Do Not Stare Into Beam</p> <p><input type="checkbox"/> Component <input type="checkbox"/> System</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Avoid exposure to laser light emitted from this aperture</p> <p>CAUTION</p> <p>Visible Laser Radiation Do not stare into beam</p> <p>WAVELENGTH: nm 1mW MAX OUTPUT CLASS II LASER PRODUCT</p> <p>OUTPUT POWER: mW MODEL: SERIAL: DATE OF MFG:</p> <p>This module is designed for use as a component and therefore does not comply with 21 CFR 1040.10 and 1040.11</p> <p>Power Technology, Inc. - 16302 Alexander Rd. - Alexander, AR 72002</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Avoid exposure to laser light emitted from this aperture</p> <p>CAUTION</p> <p>Visible Laser Radiation Do not stare into beam</p> <p>WAVELENGTH: nm 1mW MAX OUTPUT CLASS II LASER PRODUCT</p> <p>OUTPUT POWER: mW MODEL: SERIAL: DATE OF MFG:</p> <p>Certification: This product complies with FDA 21 CFR 1040.10 and 1040.11</p> <p>Power Technology, Inc. - 16302 Alexander Rd. - Alexander, AR 72002</p> </div> <p>One of the above labels is attached to the laser head.</p>	<p>Class IIIa Laser: Visible Laser Radiation, Avoid Direct Eye Exposure</p> <p><input type="checkbox"/> Component <input type="checkbox"/> System</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Avoid exposure to laser light emitted from this aperture</p> <p>DANGER</p> <p>Visible Laser Radiation Avoid direct eye exposure</p> <p>WAVELENGTH: nm 5mW MAX OUTPUT CLASS IIIa LASER PRODUCT</p> <p>OUTPUT POWER: mW MODEL: SERIAL: DATE OF MFG:</p> <p>This module is designed for use as a component and therefore does not comply with 21 CFR 1040.10 and 1040.11</p> <p>Power Technology, Inc. - 16302 Alexander Rd. - Alexander, AR 72002</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Avoid exposure to laser light emitted from this aperture</p> <p>DANGER</p> <p>Visible Laser Radiation Avoid direct eye exposure</p> <p>WAVELENGTH: nm 5mW MAX OUTPUT CLASS IIIa LASER PRODUCT</p> <p>OUTPUT POWER: mW MODEL: SERIAL: DATE OF MFG:</p> <p>Certification: This product complies with FDA 21 CFR 1040.10 and 1040.11</p> <p>Power Technology, Inc. - 16302 Alexander Rd. - Alexander, AR 72002</p> </div> <p>One of the above labels is attached to the laser head.</p>	<p>Class IIIb Laser: Visible Or Invisible Laser Radiation Avoid Direct Exposure To Beam</p> <p><input type="checkbox"/> Component <input type="checkbox"/> System</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Avoid exposure to laser radiation emitted from this aperture</p> <p>DANGER</p> <p>Visible or Invisible Laser Radiation Avoid direct exposure to beam</p> <p>WAVELENGTH: nm 500mW MAX OUTPUT CLASS IIIb LASER PRODUCT</p> <p>OUTPUT POWER: mW MODEL: SERIAL: DATE OF MFG:</p> <p>This module is designed for use as a component and therefore does not comply with 21 CFR 1040.10 and 1040.11</p> <p>Power Technology, Inc. - 16302 Alexander Rd. - Alexander, AR 72002</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Avoid exposure to laser radiation emitted from this aperture</p> <p>DANGER</p> <p>Visible or Invisible Laser Radiation Avoid direct exposure to beam</p> <p>WAVELENGTH: nm 500mW MAX OUTPUT CLASS IIIb LASER PRODUCT</p> <p>OUTPUT POWER: mW MODEL: SERIAL: DATE OF MFG:</p> <p>Certification: This product complies with FDA 21 CFR 1040.10 and 1040.11</p> <p>Power Technology, Inc. - 16302 Alexander Rd. - Alexander, AR 72002</p> </div> <p>One of the above labels is attached to the laser head.</p>
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>CAUTION</p> <p>VISIBLE LASER RADIATION DO NOT STARE INTO BEAM</p> <p>AVERAGE POWER <1.0mW WAVELENGTH 401-710nm CLASS II LASER PRODUCT</p> </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>DANGER</p> <p>LASER RADIATION AVOID DIRECT EYE EXPOSURE</p> <p>AVERAGE POWER <5mW WAVELENGTH 401-710nm CLASS IIIa LASER PRODUCT</p> </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>DANGER</p> <p>LASER RADIATION AVOID DIRECT EXPOSURE TO BEAM</p> <p>AVERAGE POWER <500mW WAVELENGTH 400-1540nm CLASS IIIb LASER PRODUCT</p> </div>

Figure 3 Product Caution/Danger Labels

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 Appendix

2.1 LDM-OPT Modules

LQx series laser diode light source modules have the option of an MM (multi-mode) fiber pigtail with either an SMA 905 or an FC/PC connector. Available fiber core diameters are 50um, 62.5um, 100um and 200um. The choice to pigtail the laser module must be made at the time of purchase. When this option is chosen, the part number of the module changes to the LDM-OPT-aa-bb format, where aa represents the LQx module choice and bb represents the fiber and connector choice. Refer to www.newport.com for the latest list of laser diode module products and the appropriate option code.

The following table indicates the fiber and the connector type available for fiber-pigtailling.

Core Diameter	bb	Connector Type	Fiber Type
50	10	SMA905	Multi Mode
62.5	11	SMA905	Multi Mode
100	12	SMA905	Multi Mode
200	13	SMA905	Multi Mode
50	20	FC/PC	Multi Mode
62.5	21	FC/PC	Multi Mode
100	22	FC/PC	Multi Mode
200	23	FC/PC	Multi Mode

Table 4 Fiber and Connector Types Available for Pigtail

3 Factory Service Information

3.1 Service Form



Newport
A Service Solution

Newport Corporation
U.S.A. Office: 800-222-6440
FAX: 949/253-1479

Name _____ Return Authorization # _____
(Please obtain RA# prior to return of item)

Company _____

Address _____ Date _____

Country _____ Phone Number _____

P.O. Number _____ FAX Number _____

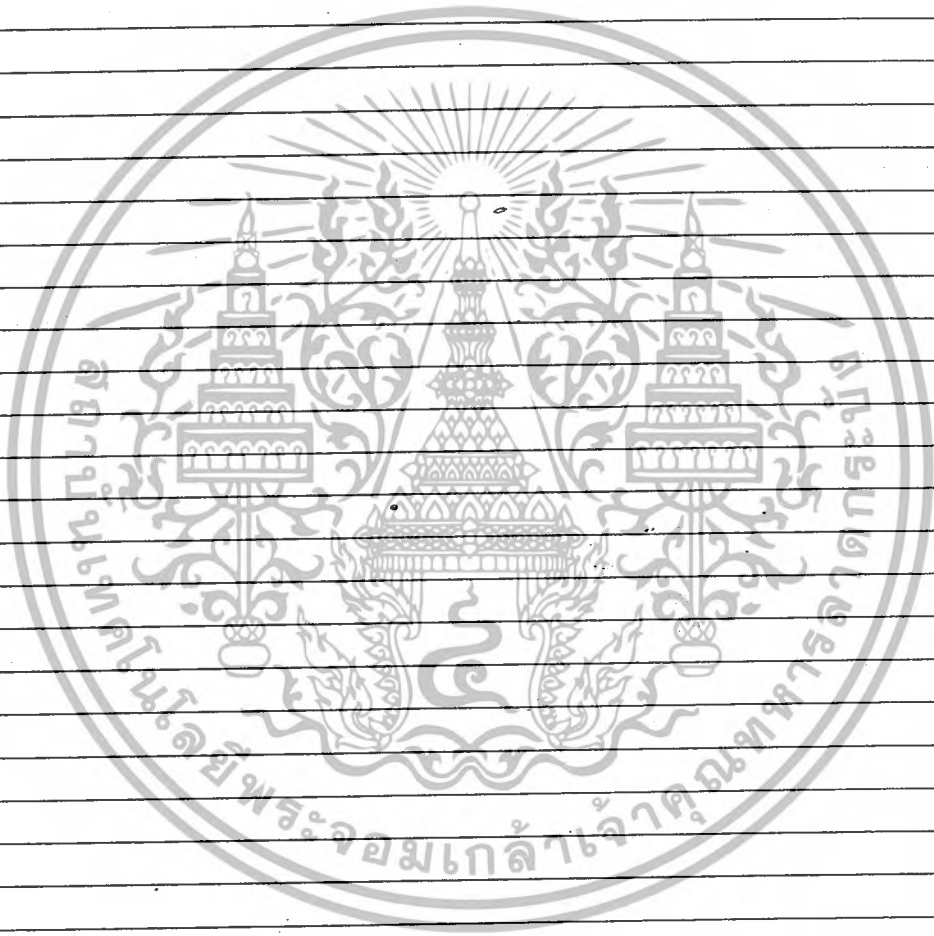
Item(s) Being Returned:

Model # _____ Serial # _____

Description _____

Reason for return of goods (please list any specific problems):

Notes: _____



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Newport Corporation
Worldwide Headquarters**

1791 Deere Avenue
Irvine, CA 92606

(In U.S.): 800-222-6440
Tel: 949-863-3144
Fax: 949-253-1680

Internet: sales@newport.com



Newport

Visit Newport Online at: www.newport.com



Newport Corporation, Irvine, California, has
been certified compliant with ISO 9001 by
the British Standards Institution.

Printed in the U.S.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

32.768 KHz CRYSTAL OSCILLATOR

SG-3030JC / JF
SG-3032JC

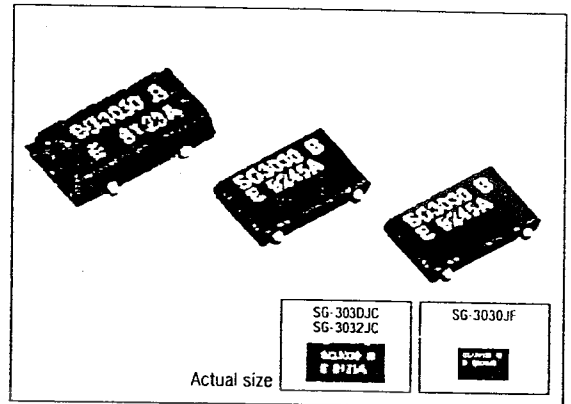
Product number (please refer to page 2)

Q3102JC0XXXXX00

Q3102JF0XXXXX00

Q3101JC0XXXXX00

- No adjustment required with 32.768 kHz crystal unit built-in.
- Use of C-MOS IC enables reduction of current consumption.
- Thin&Small suited to high-density mounting.
- V_{IO} controls swing amplitude (SG-3030JC / JF).
- Available for lead (Pb)-free soldering.
- Available for lead (Pb)-free terminal.



Specifications (characteristics)

Item	Symbol	Specifications		Remarks
		SG-3030JC / JF	SG-3032JC	
Output frequency	f _o	32.768 kHz		
Power source voltage	Max. supply voltage	V _{DD} -GND	-0.3 V to +7.0 V	-0.3 V to +4.3 V
	Operating voltage	V _{DD}	1.5 V to 5.5 V	1.8 V to 3.6 V
	Interface power supply voltage	V _{IO}	1.5 V to 5.5 V	-
Temperature range	Storage temperature	T _{STG}	-55 °C to +125 °C	
	Operating temperature	T _{OPR}	-40 °C to +85 °C	-20 °C to +70 °C
Frequency tolerance	Δf/f _o	5±23 x 10 ⁻⁶		V _{DD} = 3.3 V Ta = +25 °C
Frequency temperature characteristics	T _{OP}	+10 x 10 ⁻⁶ / -120 x 10 ⁻⁶		-20 °C to +70 °C, taking Ta = +25 °C as the reference
Frequency voltage characteristics	f/V	±2 x 10 ⁻⁶ / V Max.		Ta = +25 °C
Current consumption	I _{OP}	2 μA Max.	5 μA Max.	3.3 V, No load condition
Duty	t _W /t	45 % to 55 %	40 % to 60 %	1/2 V _{DD} level
Output voltage	V _{OH}	V _{DD} - 0.4 V Min.		I _{OH} = -0.4 mA (SG-3030JC / JF), -0.5 mA (SG-3032JC)
	V _{OL}	0.4 V Max.		I _{OL} = +0.4 mA (SG-3030JC / JF), +0.5 mA (SG-3032JC)
Output load condition (fan out)	CL	15 pF Max.		CMOS load
Output rise time	t _r	200 ns Max.	100 ns Max.	CMOS load: 20 % → 80 % V _{DD}
Output fall time	t _f	200 ns Max.	100 ns Max.	CMOS load: 80 % → 20 % V _{DD}
Oscillation start up time	t _{OSC}	3 s Max.		Time at minimum operating voltage to be 0 s
Aging	f _a	±5 x 10 ⁻⁶ / year Max.		Ta = +25 °C, V _{DD} = 3.3 V, first year
Shock resistance	S.R.	±5 x 10 ⁶ Max.		Three drops on a hard board from 750 mm or excitation test with 29400 m/s ² x 0.3 ms x 1/2 sine wave x 3 directions

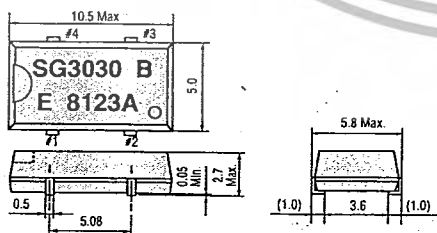
Unless otherwise stated, characteristics (specifications) shown in the above table are based on the rated operating temperature and voltage condition.

External dimensions

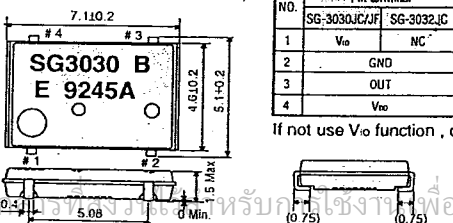
(Unit: mm)

Block diagram (SG-3030JC / JF)

SG-3030JC, SG-3032JC

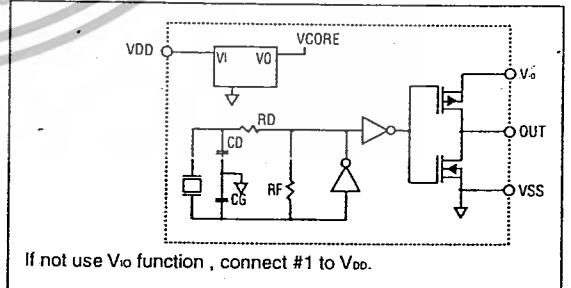


SG-3030JF



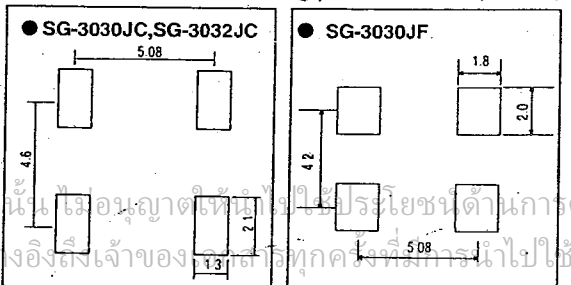
NO.	Pin terminal
1	V _{IO} / NC
2	GND
3	OUT
4	V _{DD}

If not use V_{IO} function, connect #1 to V_{DD}.



Recommended soldering pattern

(Unit: mm)



Silicon Photodetectors

Series 5T

Blue Sensitive, Biased or Photovoltaic Operation

The Series 5T are a range of low cost detectors offering high blue sensitivity coupled with high shunt resistance and low dark leakage current.

They are particularly suited to low light level applications throughout the spectral range 430 to 900 nm and for applications where the highest signal to noise ratio is important.

The detectors may be operated in the photovoltaic mode or with reverse bias to achieve a lower capacitance. They provide the most economic solution for all applications where high speed of responses above 800 nm is not critical.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

	Max. Rating	Unit
DC Reverse Voltage	15	V
Peak Pulse Current (1 μ S, 1% duty cycle)	200	mA
Peak DC Current	10	mA
Storage Temperature Range	-45 to +100	degree C
Operating Temperature Range	-25 to +75	degree C
Soldering Temperature for 5 seconds max.	200	degree C

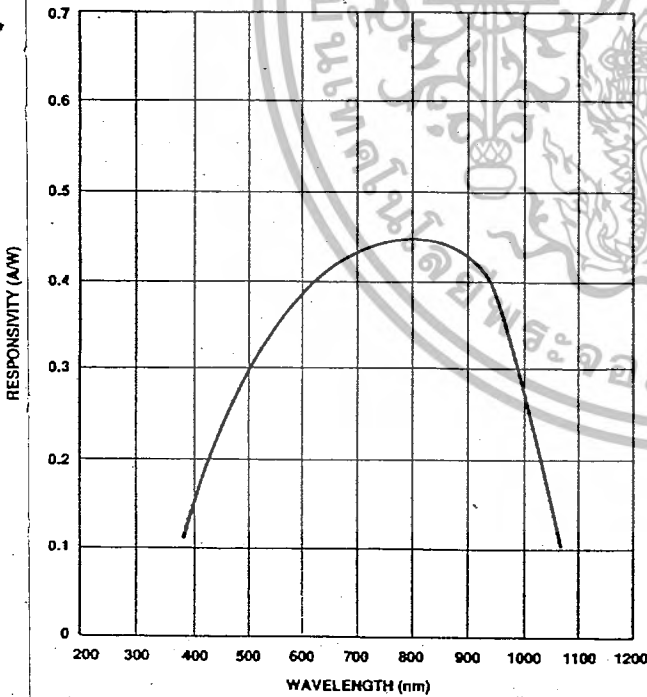


Fig.26 SERIES 5T - TYPICAL SPECTRAL RESPONSE

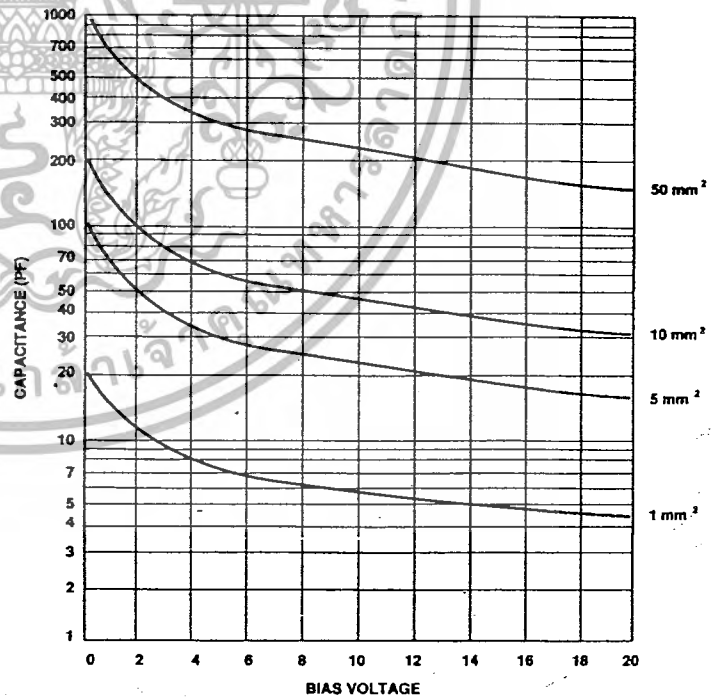


Fig.27 SERIES 5T - TYPICAL CAPACITANCE VERSUS BIAS VOLTAGE FOR A GIVEN DETECTOR AREA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Series 5T

Electrical / Optical Specifications

Characteristics measured at 22° C (±2) ambient, and a reverse bias of 12 volts, unless otherwise stated.
Shunt Resistance measured at +/- 10mV.

Single Elements

Type No.	Active Area		Responsivity A/W L = 436 nm		Dark Current nA		NEP Whz ^{-1/2} L = 436 nm	Capacitance pF		Shunt Resistance Megohms		Package
	mm ²	mm	Min.	Typ.	Max.	Typ.	Typ.	Vr = 0V Max.	Vr = 12V Max.	Min.	Typ.	
OSD1-5T	1	1.13 dia	0.15	0.21	5	0.5	1.2 x 10 ⁻¹³	30	6	100	1000	1
OSD3-5T	3	2.16 x 1.4	0.15	0.21	20	1	1.7 x 10 ⁻¹³	80	20	60	700	1
OSD5-5T	5	2.52 dia	0.15	0.21	25	2	2.4 x 10 ⁻¹³	130	35	40	600	3
OSD7.5-5T	7.5	2.75 x 2.75	0.15	0.21	25	2	2.4 x 10 ⁻¹³	150	40	30	300	3
OSD15-5T	15	3.8 x 3.8	0.15	0.21	50	3	3.0 x 10 ⁻¹³	390	80	5	80	3
OSD35-5T	35	5.9 x 5.9	0.15	0.21	50	3	3.0 x 10 ⁻¹³	950	200	10	100	8
OSD50-5T	50	7.98 dia	0.15	0.21	100	5	3.8 x 10 ⁻¹³	1300	270	1.5	25	9
OSD60-5T	62	7.9 x 7.9	0.15	0.21	100	9	5.1 x 10 ⁻¹³	1800	310	1	12	9
OSD100-5T	100	11.3 dia	0.15	0.21	200	20	7.6 x 10 ⁻¹³	2500	520	1	15	13
OSD200-5T	200	15.96 dia	0.15	0.21	500	100	1.7 x 10 ⁻¹²	5000	1000	0.5	7	13
OSD300-5T	300	19.54 dia	0.15	0.21	1000	250	2.7 x 10 ⁻¹²	7500	1500	0.5	5	15

Quadrants

(Values given are per element unless otherwise stated)

Type No.	Active Area (Total)			Responsivity A/W L = 436 nm		Dark Current nA		NEP Whz ^{-1/2} L = 436 nm	Capacitance pF		Shunt Resistance Megohms		Crosstalk % L = 900 nm		Package
	mm ²	mm	Sep. mm	Min.	Typ.	Max.	Typ.	Typ.	Vr = 0V Max.	Vr = 12V Max.	Min.	Typ.	Max.	Typ.	
QD7-5T	7	2.99 dia	0.2	0.15	0.21	100	6	4.2 x 10 ⁻¹³	50	15	80	1200	5	1	7
QD50-5T	50	7.98 dia	0.2	0.15	0.21	150	10	5.3 x 10 ⁻¹³	330	80	5	300	5	1	10
QD100-5T	100	11.3 dia	0.2	0.15	0.21	200	15	5.6 x 10 ⁻¹³	650	130	2	100	5	1	11

Linear Arrays

(Values given are per element unless otherwise stated)

Type No.	No. of Elements	Array Dimensions				Responsivity A/W L = 436 nm		Dark Current nA		NEP Whz ^{-1/2} L = 436 nm	Capacitance pF		Shunt Resistance Megohms		Package
		Area mm ²	Width mm	Length mm	Sep. mm	Min.	Typ.	Max.	Typ.	Typ.	Vr = 0V Max.	Vr = 12V Max.	Max.	Typ.	
LD2-5T	2	1.00	2.00	0.5	0.05	0.15	0.21	2	0.7	1.4 x 10 ⁻¹³	30	6	100	1000	4

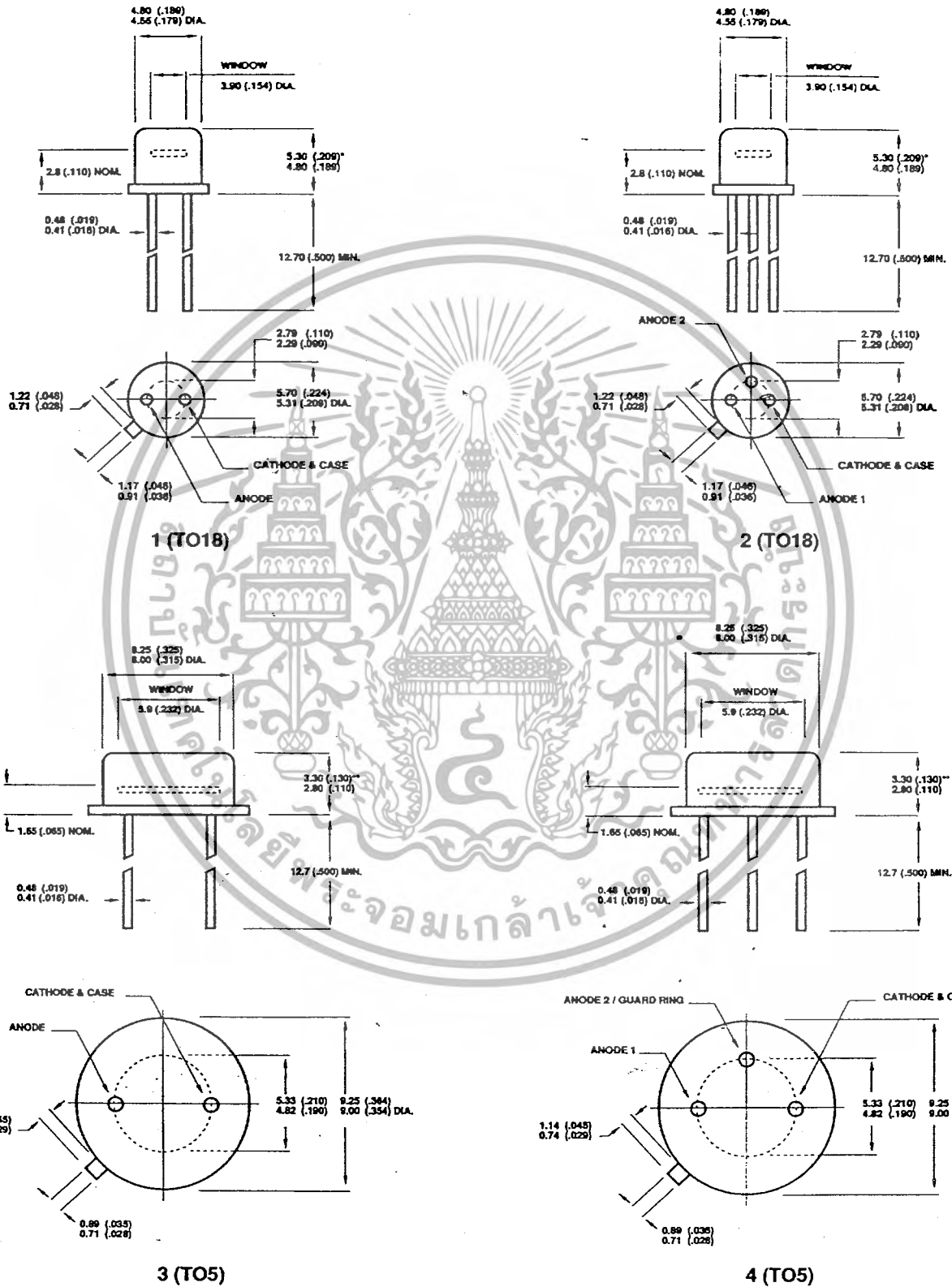
Matrix Arrays

(Values given are per element unless otherwise stated)

Type No.	No. of Elements	Array Dimensions				Responsivity A/W L = 436 nm		Dark Current nA		NEP Whz ^{-1/2} L = 436 nm	Capacitance pF		Shunt Resistance Megohms		Package
		Area mm ²	Width mm	Length mm	Sep. mm	Min.	Typ.	Max.	Typ.	Typ.	Vr = 0V Max.	Vr = 12V Max.	Max.	Typ.	
MD25-5T	5 x 5	7.29	2.7	2.7	0.1	0.15	0.21	50	5	3.8 x 10 ⁻¹³	240	47	5	200	18
MD100-5T	10 x 10	1.96	1.4	1.4	0.1	0.15	0.21	200	1	1.7 x 10 ⁻¹³	55	12	1	400	19
MD144-5T	12 x 12	1.96	1.4	1.4	0.1	0.15	0.21	200	1	1.7 x 10 ⁻¹³	55	12	1	400	19

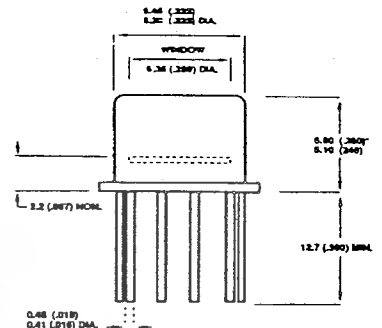
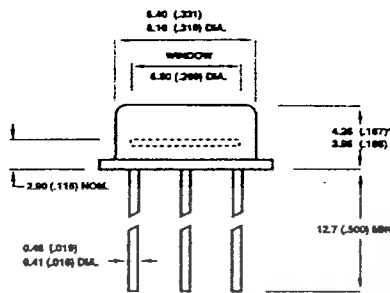
Note: Recommended operating voltage range 0 to 12 volts, for all Series 5T Detectors.

Package Dimensions - mm (inches)

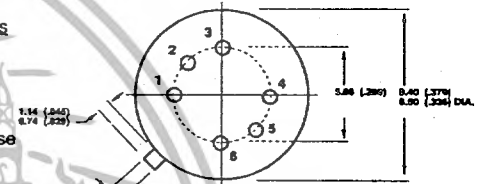
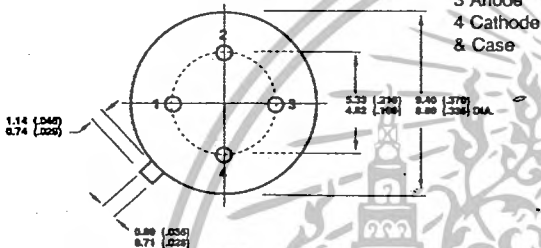


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับนักเรียนใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 (TO18) Window glass thickness 0.14 (0.005) MAX. (TO5) Window glass thickness 0.3 (0.012) MAX.
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Package Dimensions - mm (inches)



- 4-Element Arrays**
- 1 Anode 3
 - 2 Cathode & Case
 - 3 Anode 1
 - 4 Anode 2
 - 5 Cathode & Case
 - 6 Anode 4

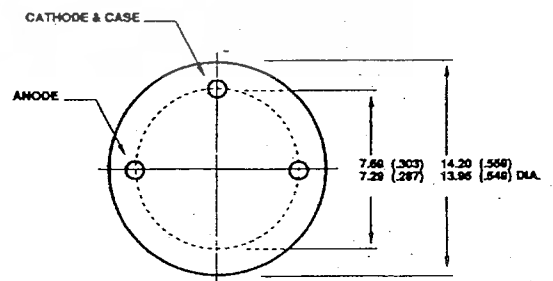
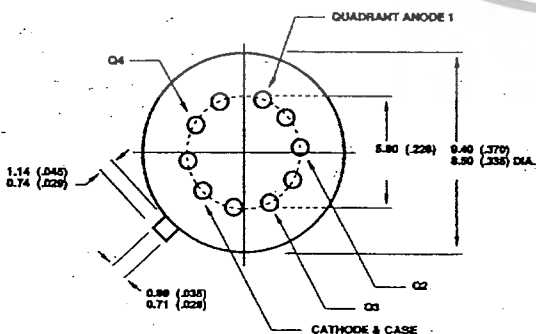
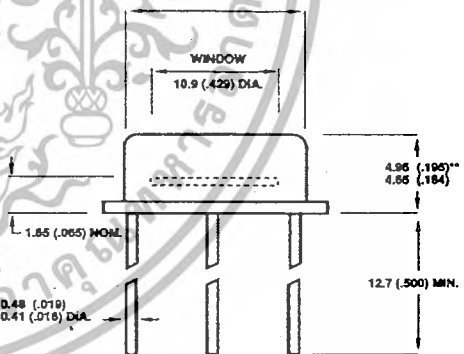
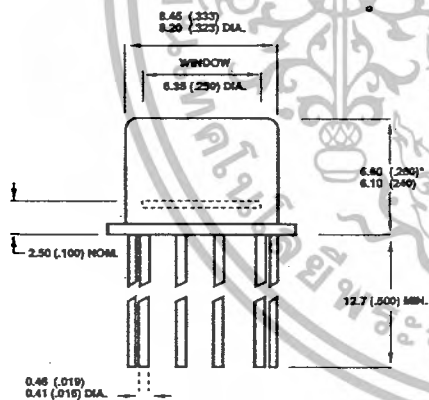


5-Element Arrays

- 1 Anode 5
- 2 Anode 3
- 3 Anode 1
- 4 Anode 2
- 5 Cathode & Case
- 6 Anode 4

5 (TO5)

6 (TO5)



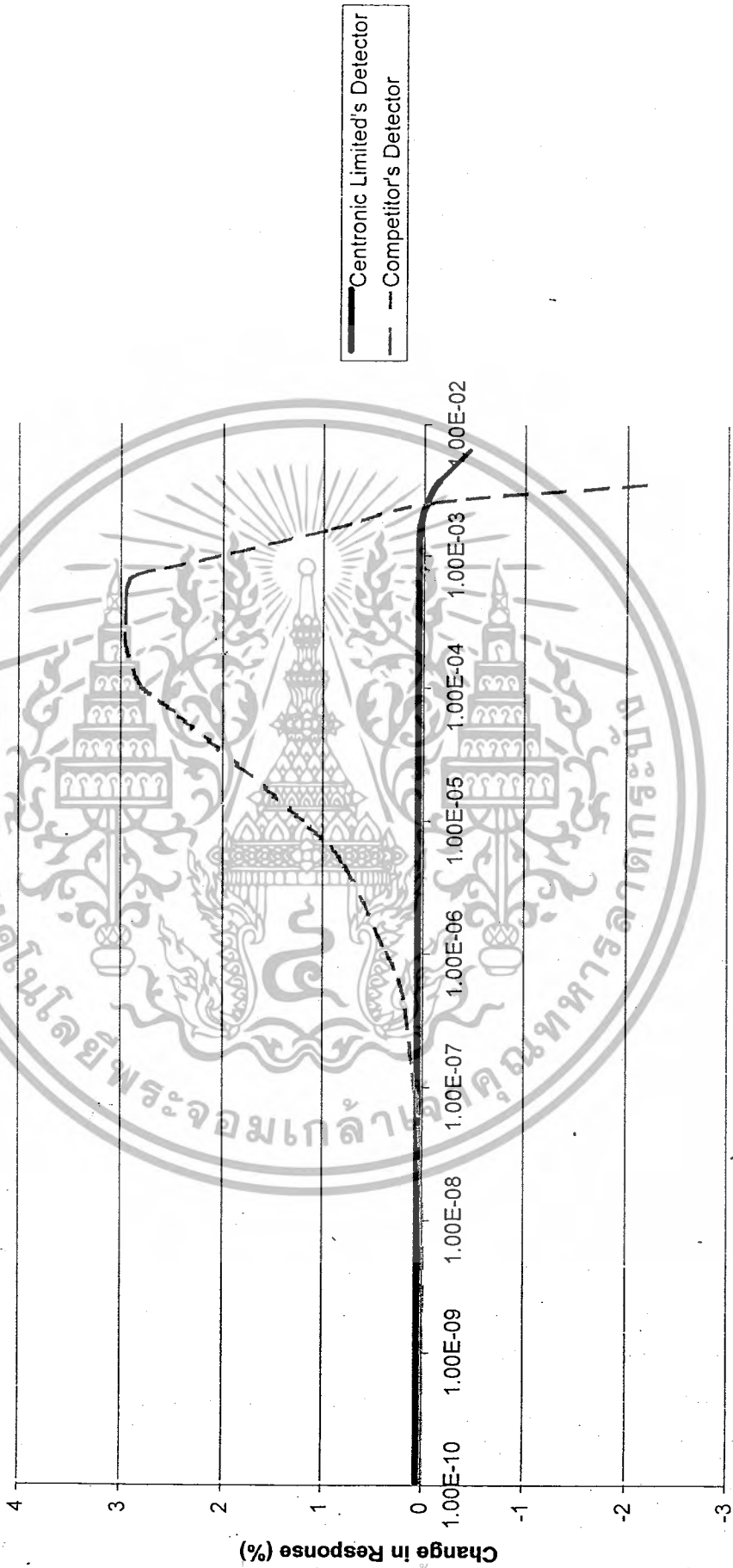
7 (TO5)

8 (TO8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Linearity performance of silicon detectors

Measured by the NATIONAL PHYSICAL LABORATORY (NPL) (Ref: Key, P.J., NPL News 362, 12-15).
Performed on a Centronic Limited Series 5T device with a source of 600nm wavelength



Incident Power (Watts)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NE5532, SA5532, SE5532, NE5532A, SE5532A

Internally Compensated Dual Low Noise Operational Amplifier

ON Semiconductor[®]

<http://onsemi.com>

The 5532 is a dual high-performance low noise operational amplifier. Compared to most of the standard operational amplifiers, such as the 1458, it shows better noise performance, improved output drive capability and considerably higher small-signal and power bandwidths.

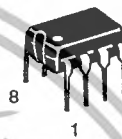
This makes the device especially suitable for application in high-quality and professional audio equipment, instrumentation and control circuits, and telephone channel amplifiers. The op amp is internally compensated for gains equal to one. If very low noise is of prime importance, it is recommended that the 5532A version be used because it has guaranteed noise voltage specifications.

Features

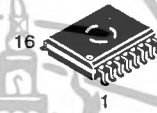
- Small-Signal Bandwidth: 10 MHz
- Output Drive Capability: 600 Ω , 10 V_{RMS}
- Input Noise Voltage: 5.0 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ (Typical)
- DC Voltage Gain: 50000
- AC Voltage Gain: 2200 at 10 kHz
- Power Bandwidth: 140 kHz
- Slew Rate: 9.0 V/ μs
- Large Supply Voltage Range: ± 3.0 to ± 20 V
- Compensated for Unity Gain
- Pb-Free Packages are Available



SOIC-8
D SUFFIX
CASE 751



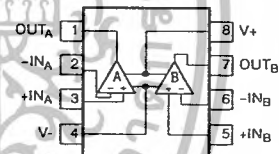
PDIP-8
N SUFFIX
CASE 626



SOIC-16 WB
D SUFFIX
CASE 751G

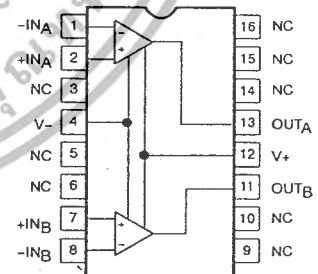
PIN CONNECTIONS

N, D8 Packages



Top View

D Package*



Top View

*SOL and non-standard pinout.

DEVICE MARKING INFORMATION

See general marking information in the device marking section on page 6 of this data sheet.

ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 7 of this data sheet.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NE5532, SA5532, SE5532, NE5532A, SE5532A

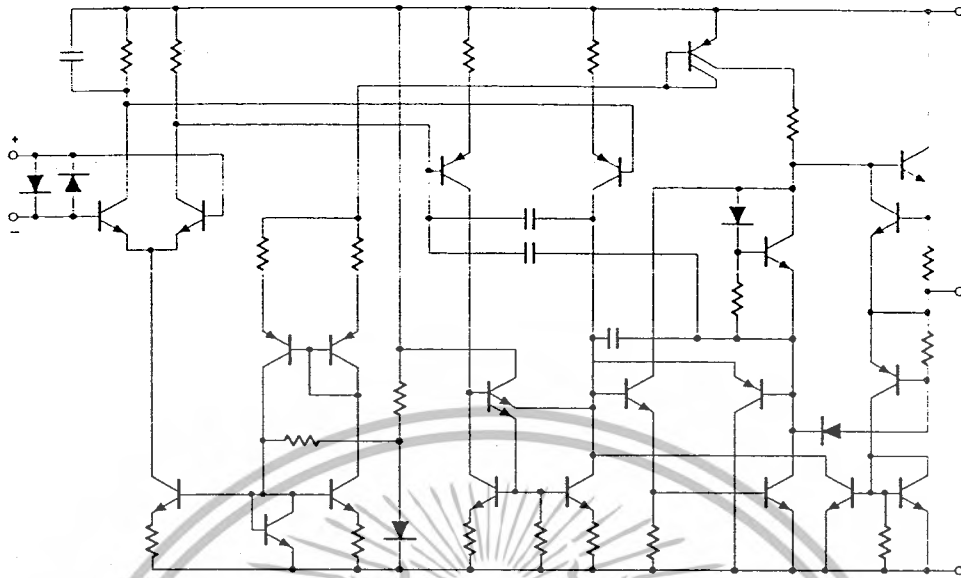


Figure 1. Equivalent Schematic (Each Amplifier)

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Supply Voltage	V_S	± 22	V
Input Voltage	V_{IN}	$\pm V_{SUPPLY}$	V
Differential Input Voltage (Note 1)	V_{DIFF}	± 0.5	V
Operating Temperature Range NE5532/A SA5532 SE5532/A	T_{amb}	0 to 70 -40 to +85 -55 to +125	$^{\circ}C$
Storage Temperature	T_{stg}	-65 to +150	$^{\circ}C$
Junction Temperature	T_j	150	$^{\circ}C$
Maximum Power Dissipation, $T_{amb} = 25^{\circ}C$ (Still-Air) 8 D8 Package 8 N Package 16 D Package	P_D	780 1200 1200	mW
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient 8 D8 Package 8 N Package 16 D Package	$R_{\theta JA}$	182 130 140	$^{\circ}C/W$
Lead Soldering Temperature (10 sec max)	T_{sld}	230	$^{\circ}C$

Stresses exceeding Maximum Ratings may damage the device. Maximum Ratings are stress ratings only. Functional operation above the Recommended Operating Conditions is not implied. Extended exposure to stresses above the Recommended Operating Conditions may affect device reliability.

1. Diodes protect the inputs against overvoltage. Therefore, unless current-limiting resistors are used, large currents will flow if the differential input voltage exceeds 0.6 V. Maximum current should be limited to ± 10 mA.

NE5532, SA5532, SE5532, NE5532A, SE5532A

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$; $V_S = \pm 15\text{ V}$, unless otherwise noted.) (Notes 2, 3 and 4)

Characteristic	Symbol	Test Conditions	SE5532/A			NE5532/A, SA5532			Unit
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Offset Voltage	V_{OS}	-	-	0.5	2.0	-	0.5	4.0	mV
	-	Overtemperature	-	-	3.0	-	-	5.0	mV
	$\Delta V_{OS}/\Delta T$	-	-	5.0	-	-	5.0	-	$\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$
Offset Current	I_{OS}	-	-	-	100	-	10	150	nA
	-	Overtemperature	-	-	200	-	-	200	nA
	$\Delta I_{OS}/\Delta T$	-	-	200	-	-	200	-	$\text{pA}/^{\circ}\text{C}$
Input Current	I_B	-	-	200	400	-	200	800	nA
	-	Overtemperature	-	-	700	-	-	1000	nA
	$\Delta I_B/\Delta T$	-	-	5.0	-	-	5.0	-	$\text{nA}/^{\circ}\text{C}$
Supply Current	I_{CC}	-	-	8.0	10.5	-	8.0	15	mA
	-	Overtemperature	-	-	13	-	-	-	
Common-Mode Input Range	V_{CM}	-	± 12	± 13	-	± 12	± 13	-	V
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR	-	80	100	-	70	100	-	dB
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	-	-	10	50	-	10	100	$\mu\text{V}/\text{V}$
Large-Signal Voltage Gain	A_{VOL}	$R_L \geq 2.0\text{ k}\Omega$; $V_O = \pm 10\text{ V}$	50	100	-	25	100	-	V/mV
		Overtemperature	25	-	-	15	-	-	
		$R_L \geq 600\ \Omega$; $V_O = \pm 10\text{ V}$	40	50	-	15	50	-	
		Overtemperature	20	-	-	10	-	-	
Output Swing	V_{OUT}	$R_L \geq 600\ \Omega$	± 12	± 13	-	± 12	± 13	-	V
		Overtemperature	± 10	± 12	-	± 10	± 12	-	
		$R_L \geq 600\ \Omega$; $V_S = \pm 18\text{ V}$	± 15	± 16	-	± 15	± 16	-	
		Overtemperature	± 12	± 14	-	± 12	± 14	-	
		$R_L \geq 2.0\text{ k}\Omega$	± 13	± 13.5	-	± 13	± 13.5	-	
		Overtemperature	± 12	± 12.5	-	± 10	± 12.5	-	
Input Resistance	R_{IN}	-	30	300	-	30	300	-	$\text{k}\Omega$
Output Short Circuit Current	I_{SC}	-	10	38	60	10	38	60	mA

2. Diodes protect the inputs against overvoltage. Therefore, unless current-limiting resistors are used, large currents will flow if the differential input voltage exceeds 0.6 V. Maximum current should be limited to $\pm 10\text{ mA}$.
3. For operation at elevated temperature, derate packages based on the package thermal resistance.
4. Output may be shorted to ground at $V_S = \pm 15\text{ V}$, $T_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$. Temperature and/or supply voltages must be limited to ensure dissipation rating is not exceeded.

NE5532, SA5532, SE5532, NE5532A, SE5532A

AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$; $V_S = \pm 15\text{ V}$, unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	Test Conditions	NE/SE5532/A, SA5532			Unit
			Min	Typ	Max	
Output Resistance	R_{OUT}	$A_V = 30\text{ dB}$ Closed-loop $f = 10\text{ kHz}$, $R_L = 600\ \Omega$	-	0.3	-	Ω
Overshoot	-	Voltage-Follower $V_{IN} = 100\text{ mV}_{p-p}$ $C_L = 100\text{ pF}$; $R_L = 600\ \Omega$	-	10	-	%
Gain	A_V	$f = 10\text{ kHz}$	-	2.2	-	V/mV
Gain Bandwidth Product	GBW	$C_L = 100\text{ pF}$; $R_L = 600\ \Omega$	-	10	-	MHz
Slew Rate	SR	-	-	9.0	-	V/ μs
Power Bandwidth	-	$V_{OUT} = \pm 10\text{ V}$	-	140	-	kHz
		$V_{OUT} = \pm 14\text{ V}$; $R_L = 600\ \Omega$	-	100	-	
		$V_{CC} = \pm 18\text{ V}$	-	-	-	

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$; $V_S = \pm 15\text{ V}$, unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	Test Conditions	NE/SE5532			NE/SA/SE5532A			Unit
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Noise Voltage	V_{NOISE}	$f_o = 30\text{ Hz}$	-	8.0	-	-	8.0	12	nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
		$f_o = 1.0\text{ kHz}$	-	5.0	-	-	5.0	6.0	
Input Noise Current	I_{NOISE}	$f_o = 30\text{ Hz}$	-	2.7	-	-	2.7	-	pA/ $\sqrt{\text{Hz}}$
		$f_o = 1.0\text{ kHz}$	-	0.7	-	-	0.7	-	
Channel Separation	-	$f = 1.0\text{ kHz}$; $R_S = 5.0\text{ k}\Omega$	-	110	-	-	110	-	dB

<http://onsemi.com>

4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NE5532, SA5532, SE5532, NE5532A, SE5532A

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS

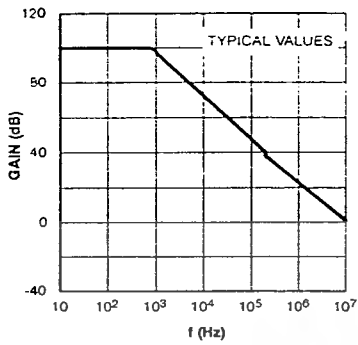


Figure 2. Open-Loop Frequency Response

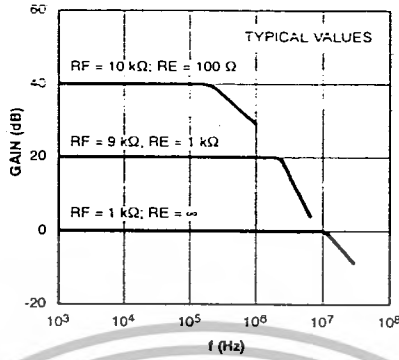


Figure 3. Closed-Loop Frequency Response

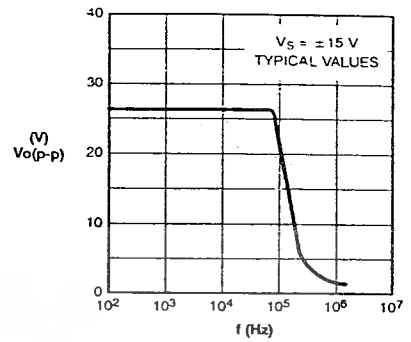


Figure 4. Large-Signal Frequency Response

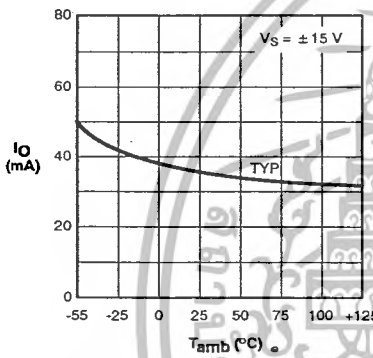


Figure 5. Output Short-Circuit Current

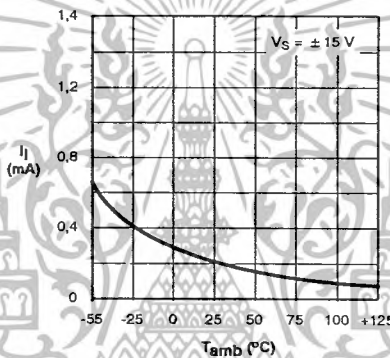


Figure 6. Input Bias Current

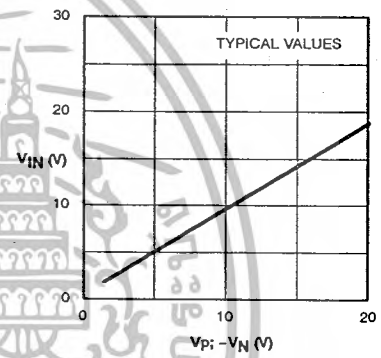


Figure 7. Input Common-Mode Voltage Range

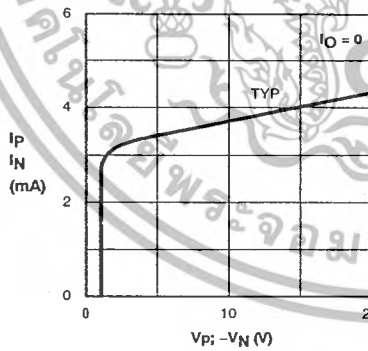


Figure 8. Supply Current

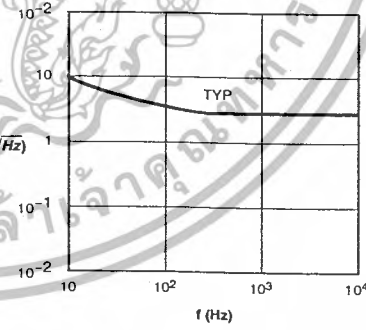
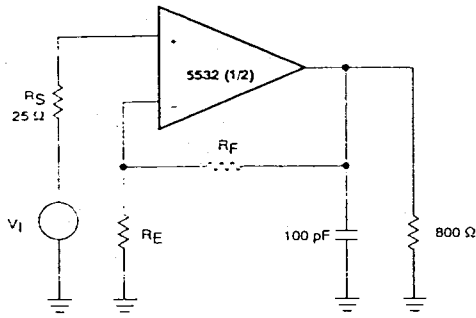
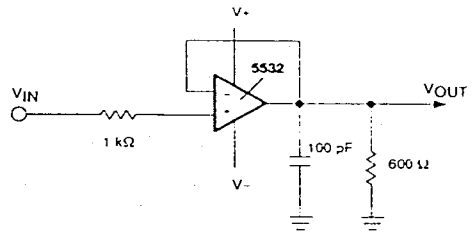


Figure 9. Input Noise Voltage Density

NE5532, SA5532, SE5532, NE5532A, SE5532A

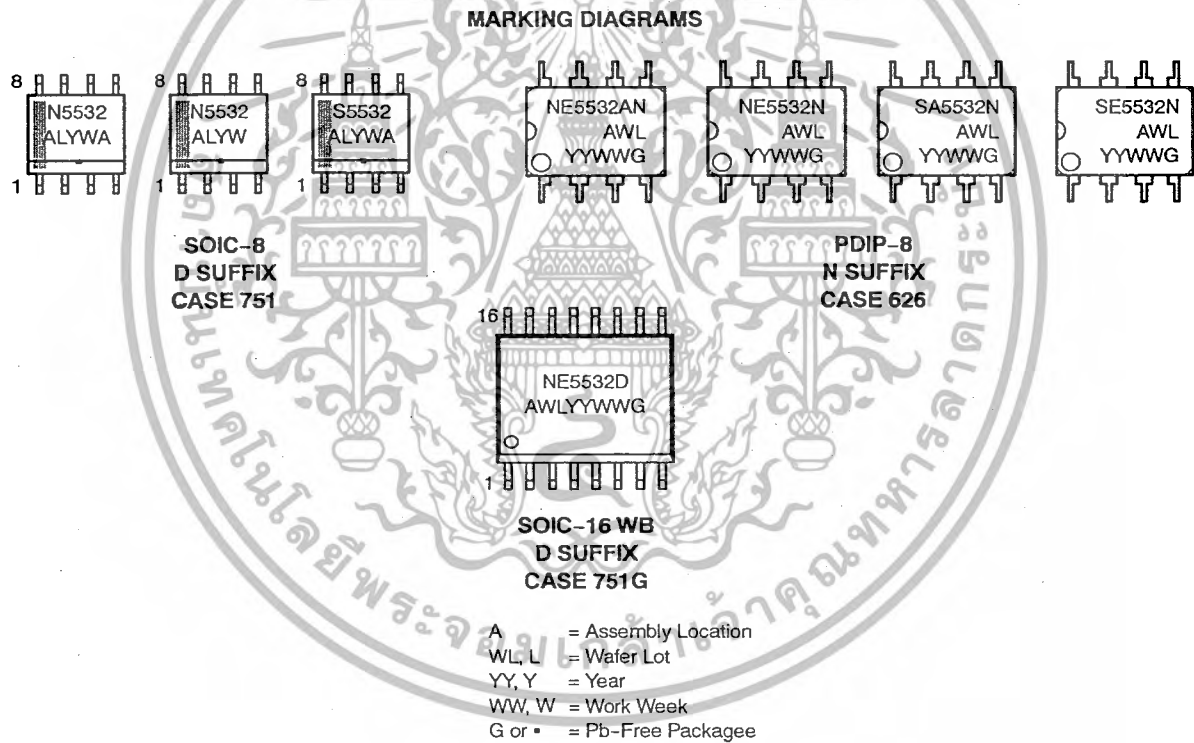


Closed-Loop Frequency Response



Voltage-Follower

Figure 10. Test Circuits



NE5532, SA5532, SE5532, NE5532A, SE5532A

ORDERING INFORMATION

Device	Description	Temperature Range	Shipping [†]
NE5532AD8	8-Pin Plastic Small Outline (SO-8) Package	0 to 70°C	98 Units / Rail
NE5532AD8G	8-Pin Plastic Small Outline (SO-8) Package (Pb-Free)	0 to 70°C	98 Units / Rail
NE5532AD8R2	8-Pin Plastic Small Outline (SO-8) Package	0 to 70°C	2500 / Tape & Reel
NE5532AD8R2G	8-Pin Plastic Small Outline (SO-8) Package (Pb-Free)	0 to 70°C	2500 / Tape & Reel
NE5532AN	8-Pin Plastic Dual In-Line Package (PDIP-8)	0 to 70°C	50 Units / Rail
NE5532ANG	8-Pin Plastic Dual In-Line Package (PDIP-8) (Pb-Free)	0 to 70°C	50 Units / Rail
NE5532D	16-Pin Plastic Small Outline (SO-16 WB) Package	0 to 70°C	47 Units / Rail
NE5532DG	16-Pin Plastic Small Outline (SO-16 WB) Package (Pb-Free)	0 to 70°C	47 Units / Rail
NE5532DR2	16-Pin Plastic Small Outline (SO-16 WB) Package	0 to 70°C	1000 Tape & Reel
NE5532DR2G	16-Pin Plastic Small Outline (SO-16 WB) Package (Pb-Free)	0 to 70°C	1000 Tape & Reel
NE5532D8	8-Pin Plastic Small Outline (SO-8) Package	0 to 70°C	98 Units / Rail
NE5532D8G	8-Pin Plastic Small Outline (SO-8) Package (Pb-Free)	0 to 70°C	98 Units / Rail
NE5532D8R2	8-Pin Plastic Small Outline (SO-8) Package	0 to 70°C	2500 / Tape & Reel
NE5532D8R2G	8-Pin Plastic Small Outline (SO-8) Package (Pb-Free)	0 to 70°C	2500 / Tape & Reel
NE5532N	8-Pin Plastic Dual In-Line Package (PDIP-8)	0 to 70°C	50 Units / Rail
NE5532NG	8-Pin Plastic Dual In-Line Package (PDIP-8) (Pb-Free)	0 to 70°C	50 Units / Rail
SA5532N	8-Pin Plastic Dual In-Line Package (PDIP-8)	-40 to +85°C	50 Units / Rail
SA5532NG	8-Pin Plastic Dual In-Line Package (PDIP-8) (Pb-Free)	-40 to +85°C	50 Units / Rail
SE5532AD8	8-Pin Plastic Small Outline (SO-8) Package	-55 to +125°C	98 Units / Rail
SE5532AD8G	8-Pin Plastic Small Outline (SO-8) Package (Pb-Free)	-55 to +125°C	98 Units / Rail
SE5532AD8R2	8-Pin Plastic Small Outline (SO-8) Package	-55 to +125°C	2500 / Tape & Reel
SE5532AD8R2G	8-Pin Plastic Small Outline (SO-8) Package (Pb-Free)	-55 to +125°C	2500 / Tape & Reel
SE5532N	8-Pin Plastic Dual In-Line Package (PDIP-8)	-55 to +125°C	50 Units / Rail
SE5532NG	8-Pin Plastic Dual In-Line Package (PDIP-8) (Pb-Free)	-55 to +125°C	50 Units / Rail

[†]For information on tape and reel specifications, including part orientation and tape sizes, please refer to our Tape and Reel Packaging Specifications Brochure, BRD8011/D.

<http://onsemi.com>

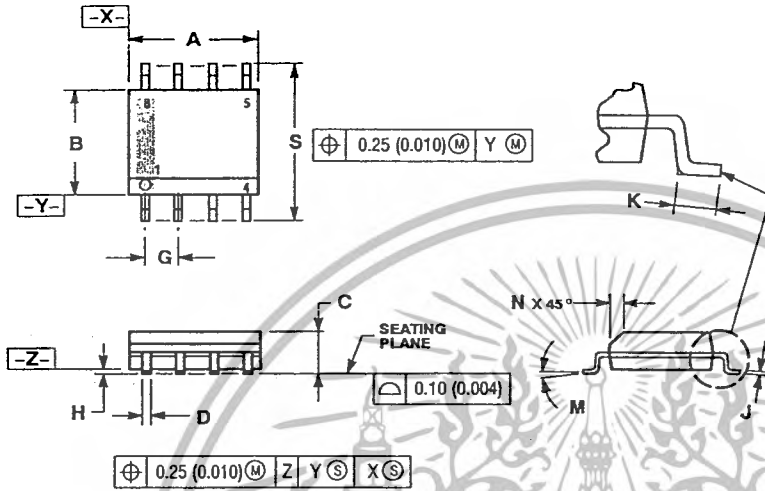
7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NE5532, SA5532, SE5532, NE5532A, SE5532A

PACKAGE DIMENSIONS

SOIC-8 NB
CASE 751-07
ISSUE AG

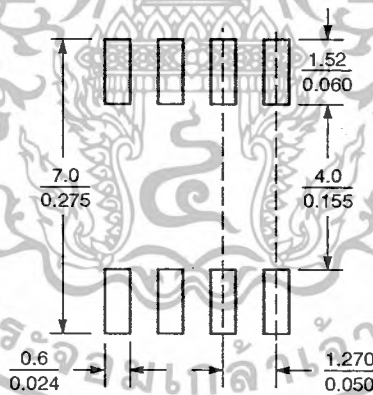


NOTES:

1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
3. DIMENSION A AND B DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
4. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 (0.006) PER SIDE.
5. DIMENSION D DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.127 (0.005) TOTAL IN EXCESS OF THE D DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.
6. 751-01 THRU 751-06 ARE OBSOLETE. NEW STANDARD IS 751-07.

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	4.80	5.00	0.189	0.197
B	3.80	4.00	0.150	0.157
C	1.35	1.75	0.053	0.069
D	0.33	0.51	0.013	0.020
G	1.27 BSC		0.050 BSC	
H	0.10	0.25	0.004	0.010
J	0.19	0.25	0.007	0.010
K	0.40	1.27	0.016	0.050
M	0°	8°	0°	8°
N	0.25	0.50	0.010	0.020
S	5.80	6.20	0.228	0.244

SOLDERING FOOTPRINT*



SCALE 6:1 (mm/inches)

*For additional information on our Pb-Free strategy and soldering details, please download the ON Semiconductor Soldering and Mounting Techniques Reference Manual, SOLDERRM/D.

<http://onsemi.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NE5532, SA5532, SE5532, NE5532A, SE5532A

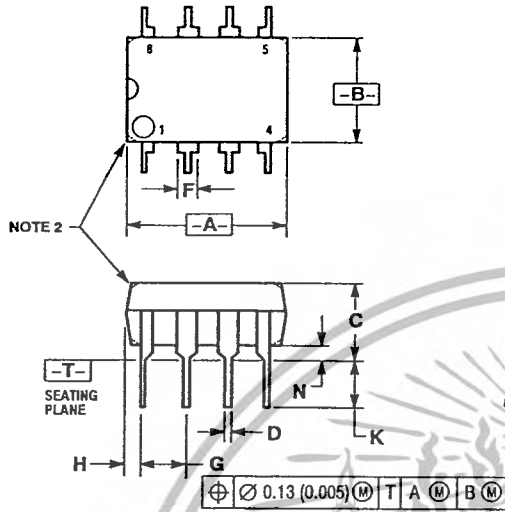
PACKAGE DIMENSIONS

8-Pin Plastic Dual In-Line Package (PDIP-8)

N SUFFIX

CASE 626-05

ISSUE L



NOTES:

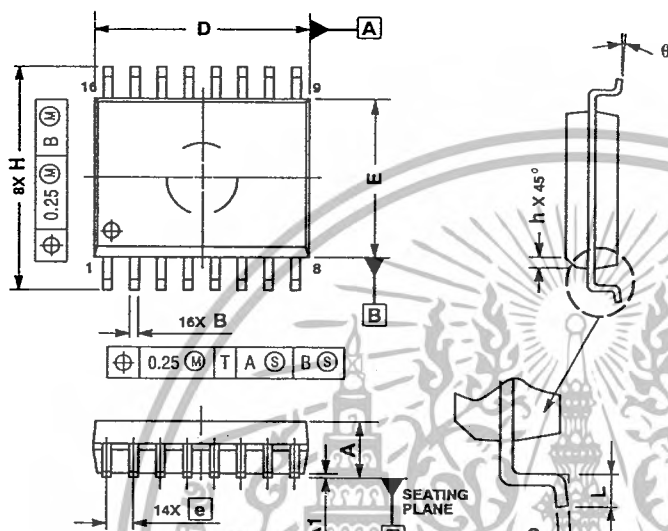
1. DIMENSION L TO CENTER OF LEAD WHEN FORMED PARALLEL.
2. PACKAGE CONTOUR OPTIONAL (ROUND OR SQUARE CORNERS).
3. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.

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

NE5532, SA5532, SE5532, NE5532A, SE5532A

PACKAGE DIMENSIONS

SOIC-16 WB
D SUFFIX
CASE 751G-03
ISSUE C



NOTES:

1. DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.
2. INTERPRET DIMENSIONS AND TOLERANCES PER ASME Y14.5M, 1994.
3. DIMENSIONS D AND E DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
4. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 PER SIDE.
5. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.13 TOTAL IN EXCESS OF THE B DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.

MILLIMETERS		
DIM	MIN	MAX
A	2.35	2.65
A1	0.10	0.25
B	0.35	0.49
C	0.23	0.32
D	10.15	10.45
E	7.40	7.60
e	1.27	BSC
H	10.05	10.55
h	0.25	0.75
L	0.50	0.90
q	0°	7°

ON Semiconductor and are registered trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC (SCILLC). SCILLC reserves the right to make changes without further notice to any products herein. SCILLC makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does SCILLC 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 special, consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in SCILLC data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. SCILLC does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. SCILLC 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 SCILLC product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use SCILLC products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold SCILLC 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 SCILLC was negligent regarding the design or manufacture of the part. SCILLC is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer. This literature is subject to all applicable copyright laws and is not for resale in any manner.

PUBLICATION ORDERING INFORMATION

LITERATURE FULFILLMENT:

Literature Distribution Center for ON Semiconductor
P.O. Box 61312, Phoenix, Arizona 85062-1312 USA
Phone: 480-829-7710 or 800-344-3860 Toll Free USA/Canada
Fax: 480-829-7709 or 800-344-3867 Toll Free USA/Canada
Email: orderlit@onsemi.com

N. American Technical Support: 800-282-9855 Toll Free
USA/Canada

Japan: ON Semiconductor, Japan Customer Focus Center
2-9-1 Kamimeguro, Meguro-ku, Tokyo, Japan 153-0051
Phone: 81-3-5773-3850

ON Semiconductor Website: <http://onsemi.com>

Order Literature: <http://www.onsemi.com/litorder>

For additional information, please contact your local Sales Representative.

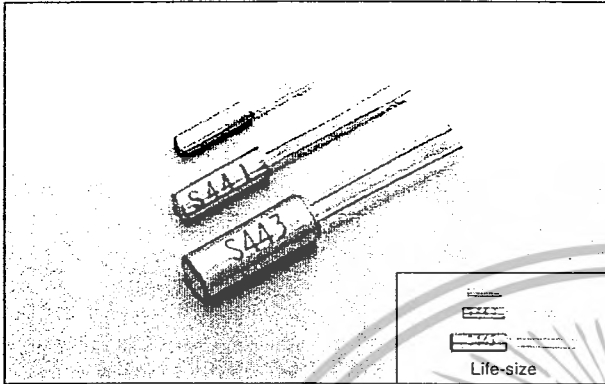
NE5532/D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TUNING FORK CRYSTAL UNITS (Cylinder Type)

CITIZEN
Micro Human Tech

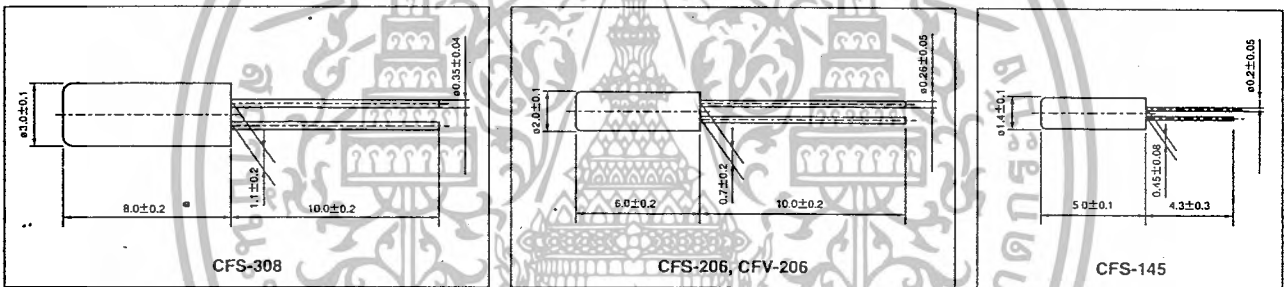
CFS-308 · CFS-206 · CFS-145 · CFV-206



FEATURES

- Best suited for portable devices with low current consumption.
- For a clock source in digital equipment.

DIMENSION [mm]



STANDARD SPECIFICATIONS

Item	Model	CFS-308	CFS-206	CFS-145	CFV-206	Conditions
Nominal Frequency	f_0		32.768kHz		30kHz~100kHz	Need to contact us for the available frequency in CFV-206
Frequency Tolerance	$\Delta f/f_0$		$\pm 20\text{ppm}$		$\pm 30\text{ppm}$	at 25°C
Load capacitance	C_L	12.5pF		8.0pF	12.5pF	Need to specify your requirement
Operating Temperature Range	T_{OPR}		$-20^\circ\text{C} \sim +70^\circ\text{C}$			
Storage Temperature Range	T_{STR}		$-40^\circ\text{C} \sim +85^\circ\text{C}$			
Turnover Temperature	T_M		$25^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$			See figure 2 in P4
Temperature Coefficient	β		$-0.034 \pm 0.006\text{ppm}/^\circ\text{C}^2$			
Motional (series) resistance	R_1	35KΩ Max.		40KΩ Max.	50KΩ Max.	at 25°C
Level of drive	D_L	1 μW Max.				
Aging (first year)	$\Delta f/f_0$		$\pm 3\text{ppm Max.}$		$\pm 5\text{ppm Max.}$	$25^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$
Quality Factor	Q	85000 Typ.	70000 Typ.	85000 Typ.	70000~100000 Typ.	Depend on frequency
Shunt capacitance	C_0	1.6pF Typ.	1.35pF Typ.	1.00pF Typ.	0.8~1.7pF Typ.	Depend on frequency

<http://www.citizen.co.jp/crystal/index.html>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

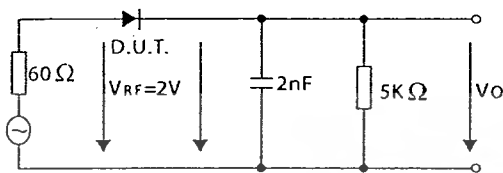
Maximum Ratings ($T_A=25^\circ\text{C}$ Unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	1N4148/ 1N4448	Unit
Non-Repetitive Peak Voltage	V_{RM}	100	V
Peak Repetitive Reverse Voltage Working Peak Reverse Voltage DC Blocking Voltage	V_{PWM} V_{RWM} V_R	75	V
Average Rectified Output Current (1)	I_O	150	mA
Non-Repetitive Peak Forward Surge Current @t=1.0us	I_{FSM}	2.0	A
Power Dissipation	P_d	500	mW
Thermal Resistance Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	300	K/W
Operating and Storage Temperature Range	T_J, T_{STG}	-65 to +175	$^\circ\text{C}$

Electrical Characteristics ($T_A=25^\circ\text{C}$ Unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Max	Unit
Reverse Breakdown Voltage $I_R=100\ \mu\text{A}$	$V_{(BR)R}$	100		V
Forward Voltage 1N4148 $I_F=10\ \text{mA}$ 1N4448 $I_F=5\ \text{mA}$ $I_F=100\ \text{mA}$	V_F	0.62	1.0 0.72 1.0	V
Leakage Current $V_R=20\text{V}$ $V_R=75\text{V}$ $V_R=75\text{V}, T_j=150^\circ\text{C}$	I_R		25 5 50	nA
Junction Capacitance	C_j		4	PF
Reverse Recovery Time $I_F=10\ \text{mA}, I_R=1\ \text{mA}, V_R=6\text{V}, R_L=100\ \Omega$	T_{rr}		4	nS

Note: 1.Valid Provided that device Terminals are Kept at Ambient Temperature.



RECTIFICATION EFFICIENCY MEASUREMENT CIRCUIT

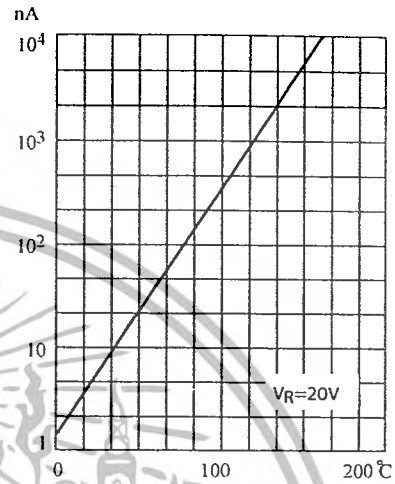


FIG 1, LEAKAGE CURRENT VERSUS JUNCTION TEMPERATURE

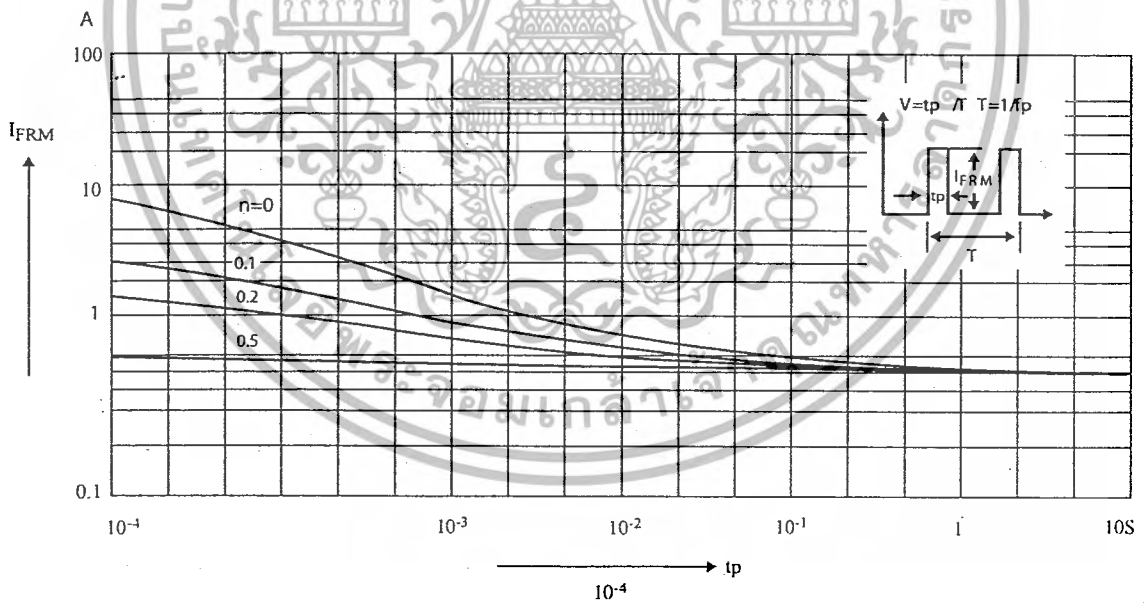


FIG 2, ADMISSIBLE REPETITIVE PEAK FORWARD CURRENT VERSUS PULSE DURATION

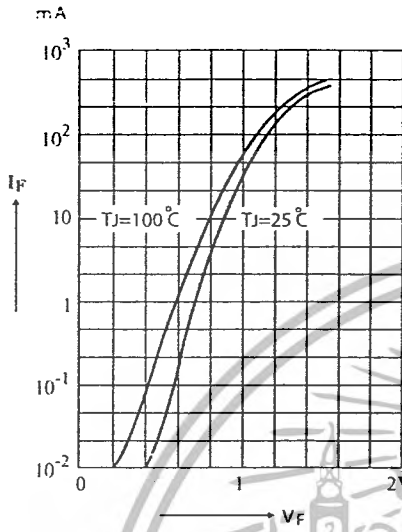


FIG 3, FORWARD CHARACTERISTICS

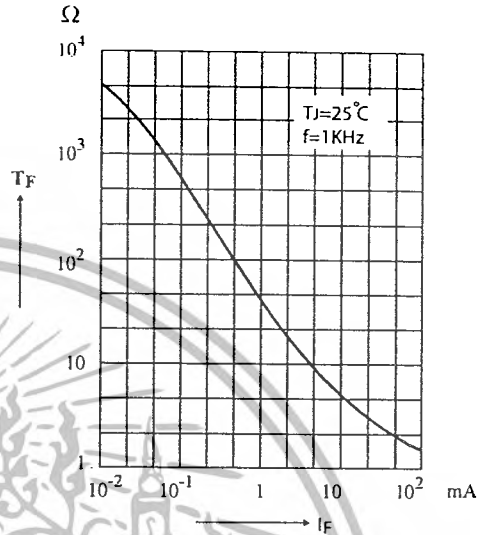


FIG 4, DYNAMIC FORWARD RESISTANCE VERSUS FORWARD CURRENT

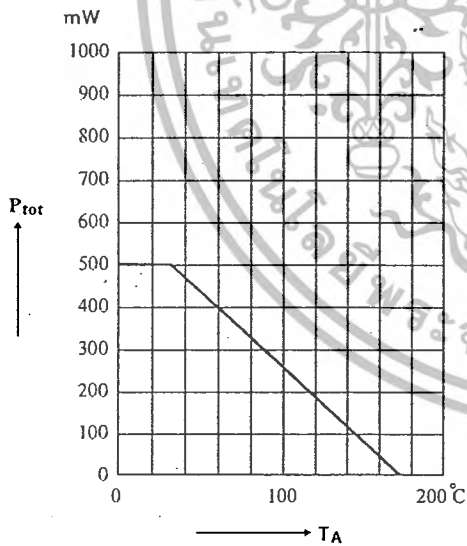


FIG 5, ADMISSIBLE POWER DISSIPATION VERSUS AMBIENT TEMPERATURE

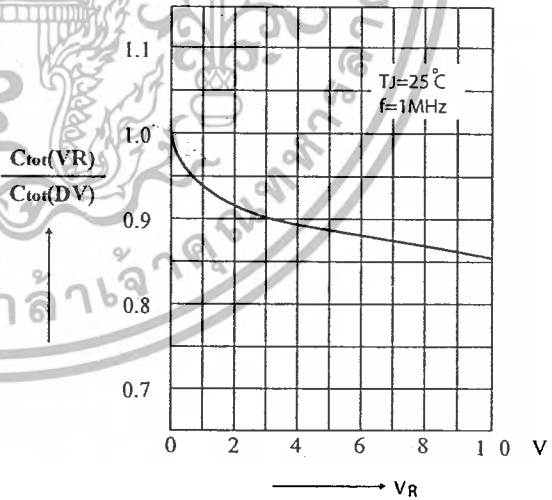
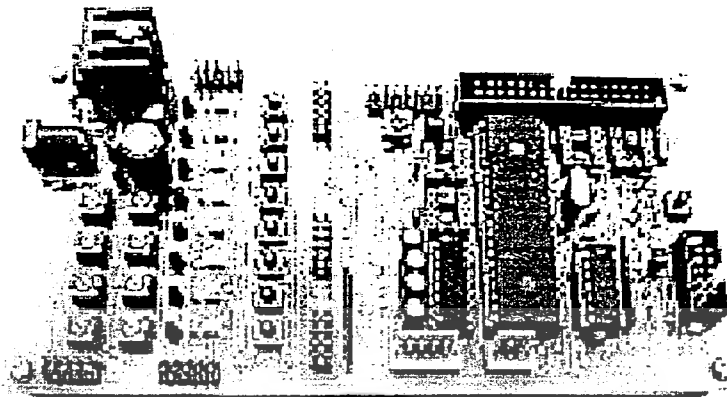


FIG 6, RELATIVE CAPACITANCE VERSUS VOLTAGE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่าในรูปแบบใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CP - PIC877 V2



... CP-PIC877 V2 ...

นับจากที่ทาง บริษัท ETT ได้ผลิตแนะนำบอร์ด ที่ใช้ CPU ของ MICROCHIP TECHNOLOGY โดยใช้ CPU เบอร์ ที่เป็น FLASH MEMORY ขนาด 1K x 14 WORD คือ PIC16F84 เป็นต้นมานั้น วันนี้ทางทีมงานได้ผลิตบอร์ดที่ใช้ IC ของ MICROCHIP ตัวใหม่ คือ PIC 16F877 โดย CPU ตัวใหม่นี้เพิ่ม ขนาดของหน่วยความจำแบบ FLASH เป็น 8 K x 14 WORDS และเพิ่มขนาดจำนวน I/O ขึ้นมาอีก เป็นขนาด 32 I/O ทำให้สามารถใช้งานได้สะดวกยิ่งขึ้นอีกพร้อม A-TO-D ขนาด 10 BIT 8 CH โดยจัดทำเป็น 2 รุ่นด้วยกันคือ CP-PIC877 V1 และ V2 โดย ใน V2.0 ใช้เป็นบอร์ดในการศึกษาทำความเข้าใจในตัว CPU PIC16F877 ได้เป็นอย่างดี โดยมี ส่วน สำหรับใช้ ทดสอบ IN PUT แบบ ต่าง ๆ มาให้พร้อม เช่นทดสอบ A TO D , INPUT PORT , OUTPUT PORT , พร้อมสาย DOWNLOAD สามารถ เขียน โปรแกรม ASM บน เครื่อง PC จากนั้นทำการ DOWNLOAD เข้าไปในตัว CPU PIC 16F877 ได้โดยตรงบอร์ดเดียวจบส่วนชุด CP-PIC877 V1 เป็นชุดสำหรับนำบอร์ด ไปใช้งาน จริงๆ ในราคา ประหยัดแต่ก็ยังมี ความสามารถ INCIRCUIT DOWNLOAD ได้เช่นเดียวกัน กับใน CP-PIC877 V2.0 เช่นกัน

ตัวบอร์ด CP-PIC877 V2 สามารถใช้ระบบ ET-FLASH TECHNOLOGY In-Circuit Download ไม่ต้องทำการจัดหาอุปกรณ์ เครื่อง COPY CPU หรือ บอร์ด INCIRCUIT PROGRAM อื่น ๆ มาต่อเพิ่มเติมหรือต้องถอดตัว CPU เข้าออกอีก ตัวบอร์ด CP-PIC877 V2 สามารถเขียนทดสอบ การทำงานต่าง ๆ ได้ด้วยตัวเอง โดยในบอร์ด PIC V2 นี้มีส่วนใช้ทดสอบการทำงาน วงจรต่าง ๆ ได้บนบอร์ด เช่น .

- วงจรทดลอง ANALOG PORT 8 ช่อง
- วงจรทดสอบ INPUT PORT
- วงจรทดสอบ OUTPUT PORT

เป็น TRAINING BOARD ในตัวนอกจากนี้ ใน PIC V2 ยังมีสาย DOWNLOAD ข้อมูลให้ด้วย

- ใช้ CPU PIC 16F877 RUN 4 MHz
- ON CHIP FLASH PROGRAM MEMORY 8K x 14 WORDS
- ON CHIP 368 BYTES RAM / 256 BYTES EEPROM
- 31 BIT I/O PORT ใช้งานของ CPU บนบอร์ด CP-PIC877 V2.0 (34 PIN I/O ETT-BUS)
- พอร์ต (PORT) แบบ SPI , I2C , RS232 ,RS422/485 (OPTIONS)
- HIGH SINK / SOURCE CURRENT 25 MA
- TWO CAPTURE , COMPARE , PWM MODULES
- RTC ใช้ไอซีเบอร์ DS1307 (OPTIONS)
- Serial EEPROM 24XX (OPTIONS)
- POWER ON RESET/WATCHDOG TIMER
- A-TO-D ขนาด 10.BIT 8 CH
- LCD PORT 14 PIN ET-BUS ... สำหรับ LCD แบบตัวอักษร
- VR 10K x 8 สำหรับทดสอบ ANALOG PORT
- LED x 8 สำหรับทดสอบ OUTPUT
- SWITCH x 8 สำหรับทดสอบ INPUT
- 7805 POWER SUPPLY ON BOARD
- PCB SIZE CP-PIC877 V2 16.5 x 8.5 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



LOW POWER DUAL OPERATIONAL AMPLIFIERS

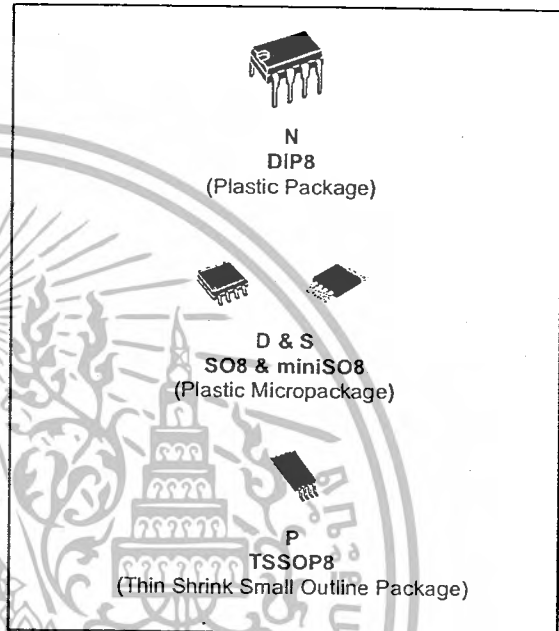
- INTERNALLY FREQUENCY COMPENSATED
- LARGE DC VOLTAGE GAIN: 100dB
- WIDE BANDWIDTH (unity gain): 1.1MHz (temperature compensated)
- VERY LOW SUPPLY CURRENT/OP (500µA) ESSENTIALLY INDEPENDENT OF SUPPLY VOLTAGE
- LOW INPUT BIAS CURRENT: 20nA (temperature compensated)
- LOW INPUT OFFSET VOLTAGE: 2mV
- LOW INPUT OFFSET CURRENT: 2nA
- INPUT COMMON-MODE VOLTAGE RANGE INCLUDES GROUND
- DIFFERENTIAL INPUT VOLTAGE RANGE EQUAL TO THE POWER SUPPLY VOLTAGE
- LARGE OUTPUT VOLTAGE SWING 0V TO (V_{cc} - 1.5V)

DESCRIPTION

These circuits consist of two independent, high gain, internally frequency compensated which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. The low power supply drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

Application areas include transducer amplifiers, dc gain blocks and all the conventional op-amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, these circuits can be directly supplied with the standard +5V which is used in logic systems and will easily provide the required interface electronics without requiring any additional power supply.

In the linear mode the input common-mode voltage range includes ground and the output voltage can also swing to ground, even though operated from only a single power supply voltage.



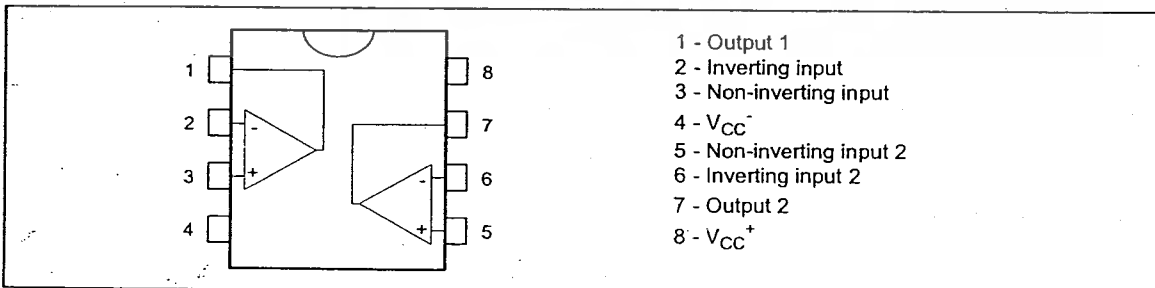
ORDER CODE

Part Number	Temperature Range	Package			
		N	S	D	P
LM158,A	-55°C, +125°C	•		•	•
LM258,A	-40°C, +105°C	•		•	•
LM358,A	0°C, +70°C	•	•	•	•

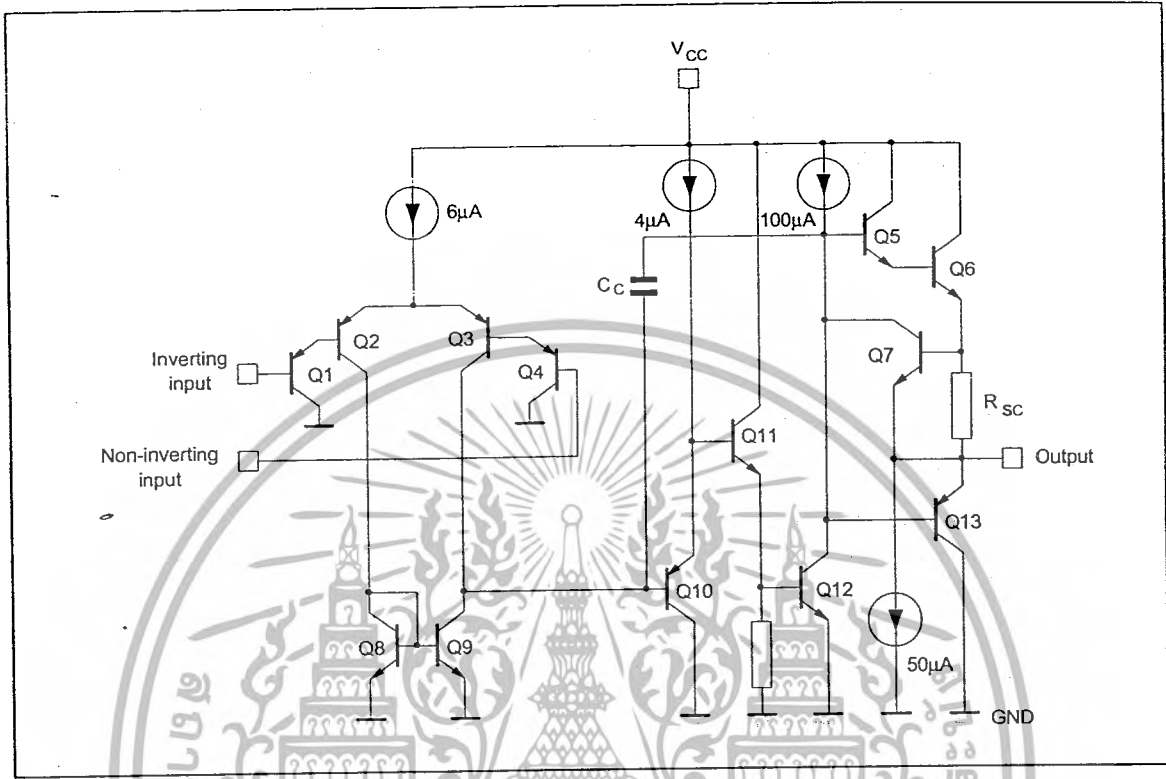
Example : LM258N

N = Dual in Line Package (DIP)
 D = Small Outline Package (SO) - also available in Tape & Reel (DT)
 S = Small Outline Package (miniSO) only available in Tape & Reel (DT)
 P = Thin Shrink Small Outline Package (TSSOP) - only available in Tape & Reel (PT)

PIN CONNECTIONS (top view)



SCHEMATIC DIAGRAM (1/2 LM158)



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	LM158,A	LM258,A	LM358,A	Unit
V_{CC}	Supply voltage		+32		V
V_i	Input Voltage		-0.3 to +32		V
V_{id}	Differential Input Voltage		+32		V
P_{tot}	Power Dissipation ¹⁾		500		mW
	Output Short-circuit Duration ²⁾		Infinite		
I_{in}	Input Current ³⁾		50		mA
T_{oper}	Operating Free-air Temperature Range	-55 to +125	-40 to +105	0 to +70	°C
T_{stg}	Storage Temperature Range		-65 to +150		°C

- Power dissipation must be considered to ensure maximum junction temperature (Tj) is not exceeded.
- Short-circuits from the output to V_{CC} can cause excessive heating if $V_{CC} > 15V$. The maximum output current is approximately 40mA independent of the magnitude of V_{CC} . Destructive dissipation can result from simultaneous short-circuit on all amplifiers.
- This input current only exists when the voltage at any of the input leads is driven negative. It is due to the collector-base junction of the input PNP transistor becoming forward biased and thereby acting as input diode clamps. In addition to this diode action, there is also NPN parasitic action on the IC chip, this transistor action can cause the output voltages of the Op-amps to go to the V_{CC} voltage level (or to ground for a large overdrive) for the time duration than an input is driven negative. This is not destructive and normal output will set up again for input voltage higher than -0.3V.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

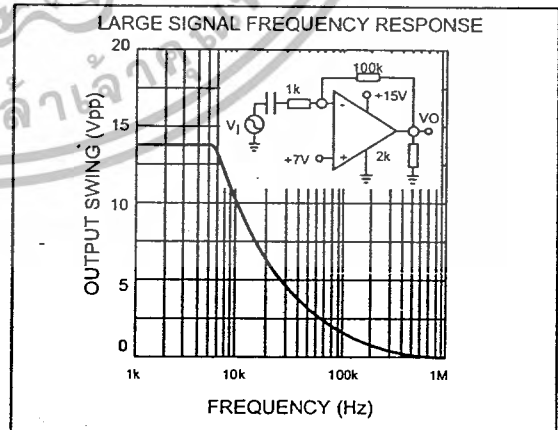
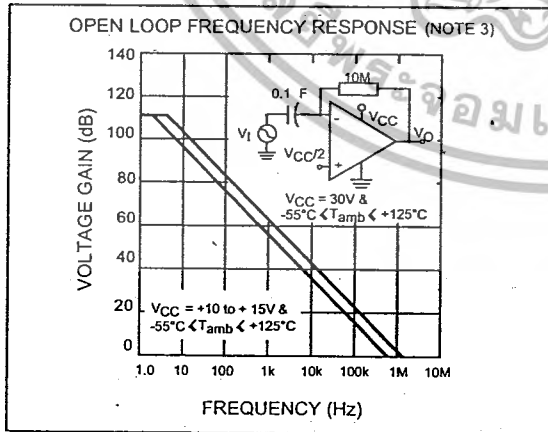
 $V_{CC} = +5V$, $V_{CC} = \text{Ground}$, $V_o = 1.4V$, $T_{amb} = +25^\circ C$ (unless otherwise specified)

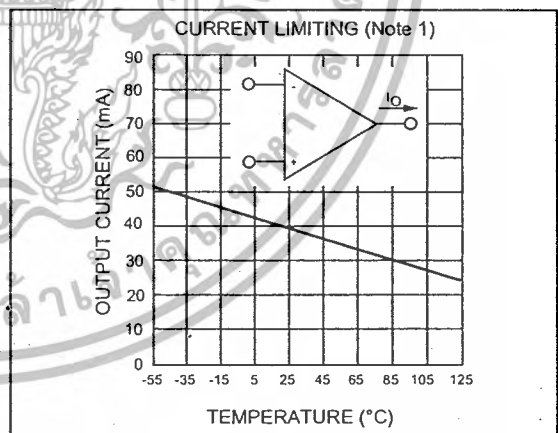
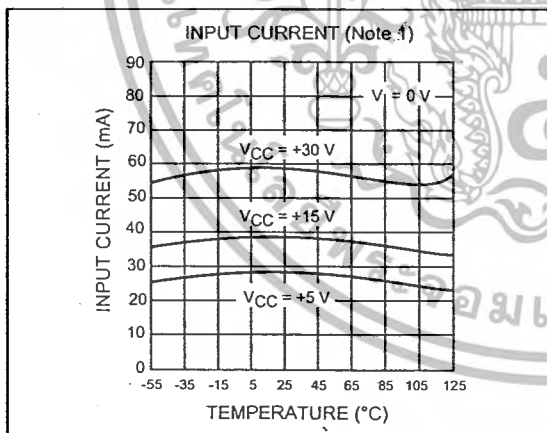
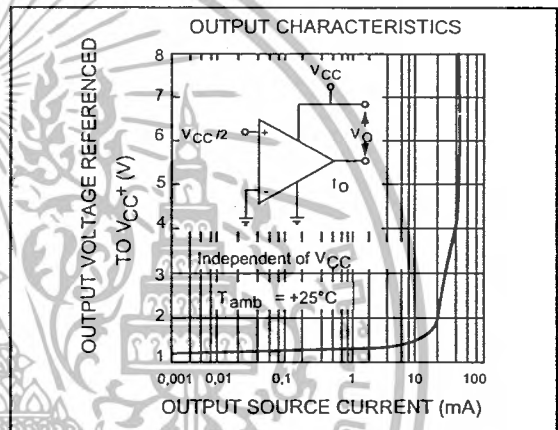
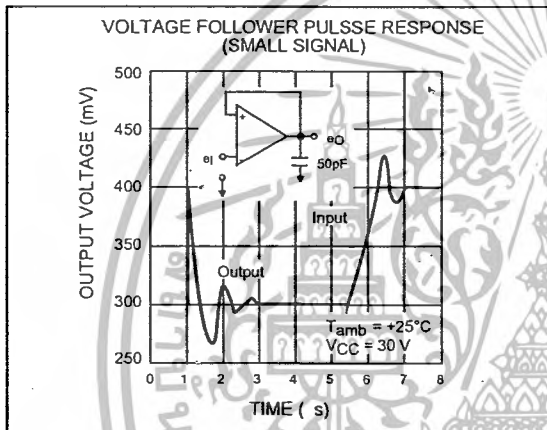
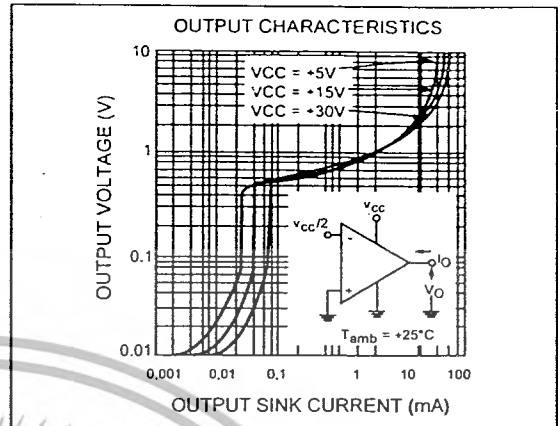
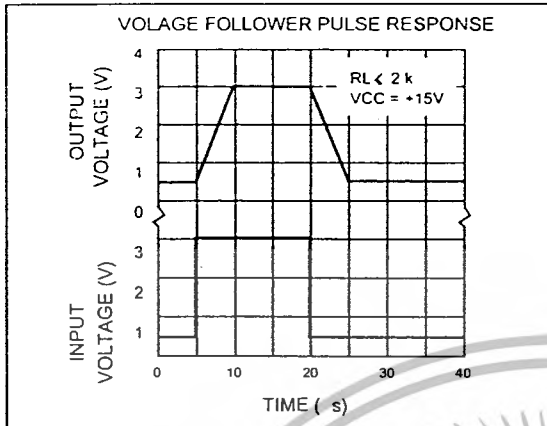
Symbol	Parameter	LM158A-LM258A LM358A			LM158-LM258 LM358			Unit
		Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
V_{io}	Input Offset Voltage - note 1) $T_{amb} = +25^\circ C$ LM158, LM258 LM158A $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ LM158, LM258		1	3		2	7 5	mV
I_{io}	Input Offset Current $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$		2	10 30		2	30 40	nA
I_{ib}	Input Bias Current - note 2) $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$		20	50 100		20	150 200	nA
A_{vd}	Large Signal Voltage Gain $V_{CC} = +15V$, $R_L = 2k\Omega$, $V_o = 1.4V$ to $11.4V$ $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	50 25	100		50 25	100		V/mV
SVR	Supply Voltage Rejection Ratio ($R_s \leq 10k\Omega$) $V_{CC} = +5V$ to $30V$ $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	65 65	100		65 65	100		dB
I_{CC}	Supply Current, all Amp, no load $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ $V_{CC} = +5V$ $V_{CC} = +30V$		0.7	1.2 1		0.7	1.2 2	mA
V_{icm}	Input Common Mode Voltage Range $V_{CC} = +30V$ - note 3) $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	0 0		$V_{CC} + -1.5$ $V_{CC} + -2$	0 0		$V_{CC} + -1.5$ $V_{CC} + -2$	V
CMR	Common Mode Rejection Ratio ($R_s \leq 10k\Omega$) $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	70 60	85		70 60	85		dB
I_{source}	Output Current Source $V_{CC} = +15V$, $V_o = +2V$, $V_{id} = +1V$	20	40	60	20	40	60	mA
I_{sink}	Output Sink Current ($V_{id} = -1V$) $V_{CC} = +15V$, $V_o = +2V$ $V_{CC} = +15V$, $V_o = +0.2V$	10 12	20 50		10 12	20 50		mA μA
V_{OPP}	Output Voltage Swing ($R_L = 2k\Omega$) $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	0 0		$V_{CC} + -1.5$ $V_{CC} + -2$	0 0		$V_{CC} + -1.5$ $V_{CC} + -2$	

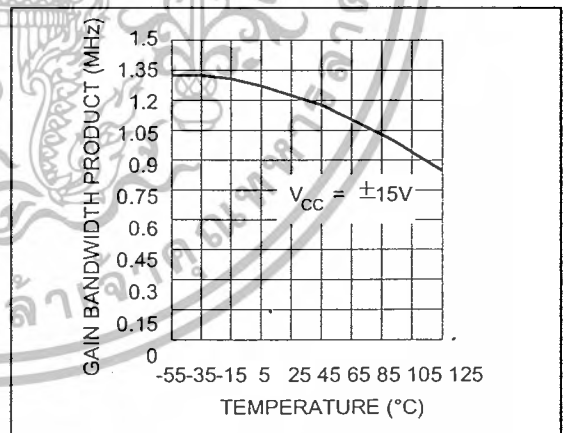
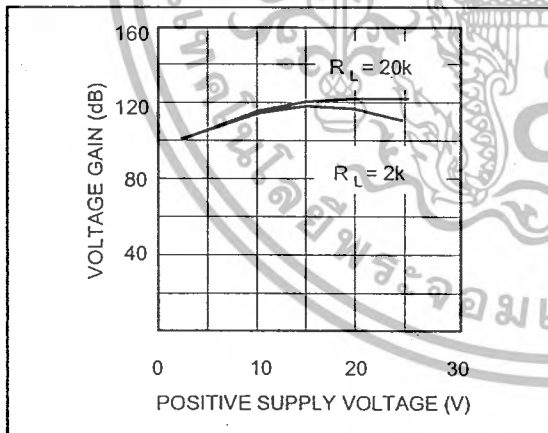
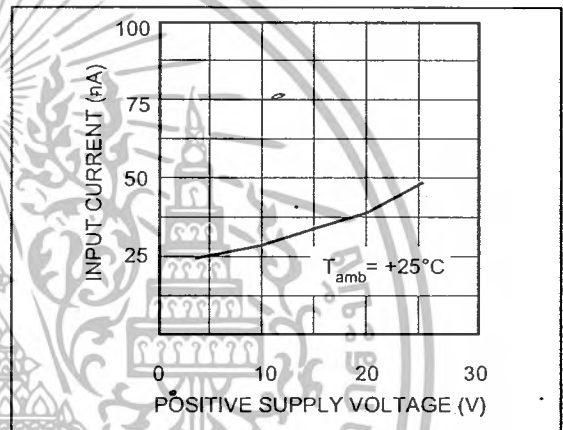
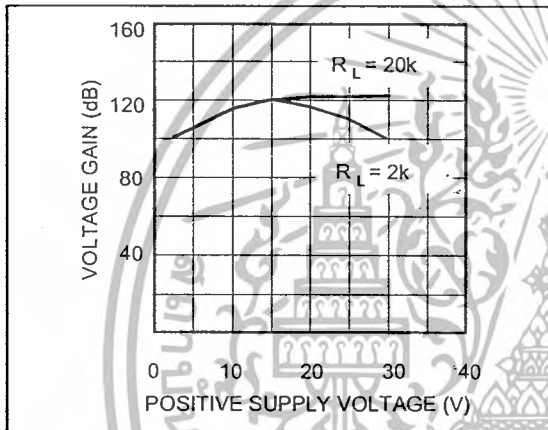
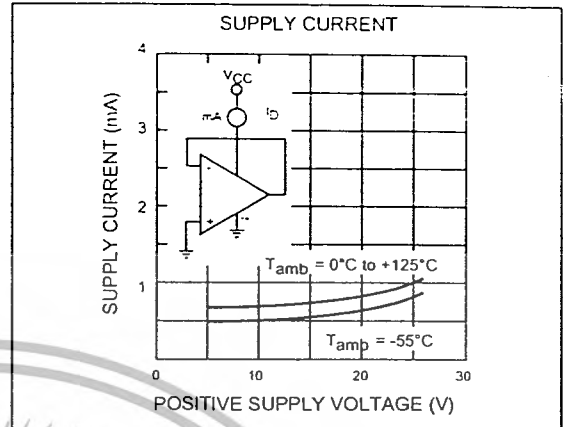
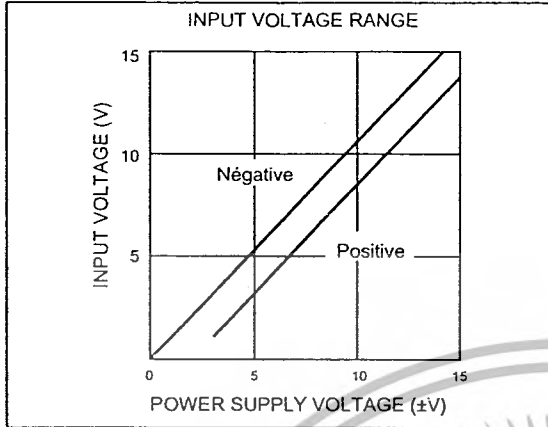
LM158,A-LM258,A-LM358,A

Symbol	Parameter	LM158A-LM258A LM358A			LM158-LM258 LM358			Unit
		Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
V _{OH}	High Level Output Voltage (V _{CC} ⁺ = 30V) T _{amb} = +25°C R _L = 2kΩ	26	27		26	27		V
	T _{min} ≤ T _{amb} ≤ T _{max} T _{amb} = +25°C R _L = 10kΩ	26 27 27	28		26 27 27	28		
V _{OL}	Low Level Output Voltage (R _L = 10kΩ) T _{amb} = +25°C T _{min} ≤ T _{amb} ≤ T _{max}		5	20 20		5 20 20		mV
SR	Slew Rate V _{CC} = 15V, V _i = 0.5 to 3V, R _L = 2kΩ, C _L = 100pF, unity Gain	0.3	0.6		0.3	0.6		V/μs
GBP	Gain Bandwidth Product V _{CC} = 30V, f = 100kHz, V _{in} = 10mV, R _L = 2kΩ, C _L = 100pF	0.7	1.1		0.7	1.1		MHz
THD	Total Harmonic Distortion f = 1kHz, A _v = 20dB, R _L = 2kΩ, V _o = 2V _{pp} , C _L = 100pF, V _O = 2V _{pp}		0.02			0.02		%
e _n	Equivalent Input Noise Voltage f = 1kHz, R _s = 100Ω, V _{CC} = 30V		55		55			nV/√Hz
DV _{io}	Input Offset Voltage Drift		7	15	7	30		μV/°C
DI _{io}	Input Offset Current Drift		10	200	10	300		pA/°C
V _{o1} /V _{o2}	Channel Separation - note 4) 1kHz ≤ f ≤ 20kHz		120		120			dB

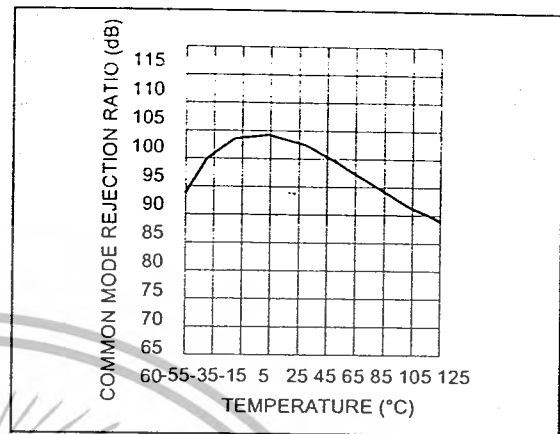
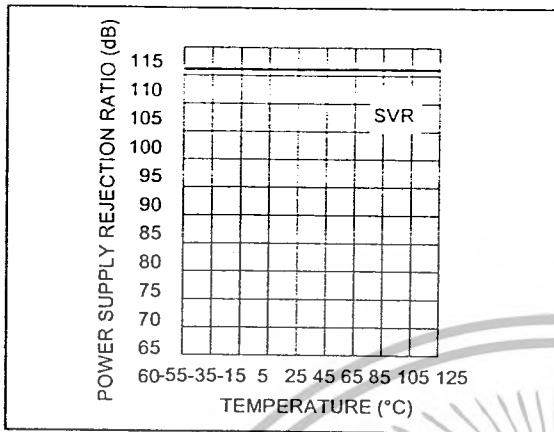
- V_o = 1.4V, R_s = 0Ω, 5V < V_{CC}⁺ < 30V, 0 < V_{ic} < V_{CC}⁺ - 1.5V
- The direction of the input current is out of the IC. This current is essentially constant, independent of the state of the output so no loading change exists on the input lines.
- The input common-mode voltage of either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3V. The upper end of the common-mode voltage range is V_{CC}⁺ - 1.5V, but either or both inputs can go to +32V without damage.
- Due to the proximity of external components insure that coupling is not originating via stray capacitance between these external parts. This typically can be detected as this type of capacitance increases at higher frequencies.





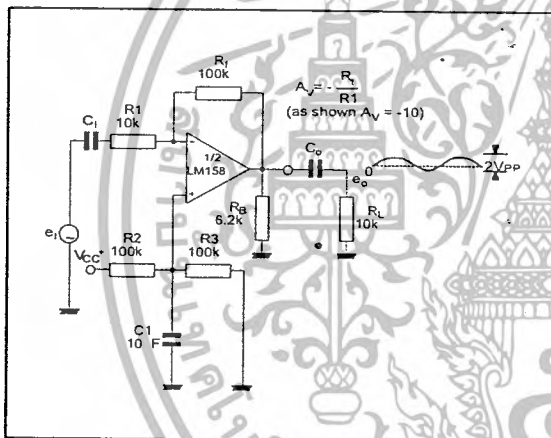


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

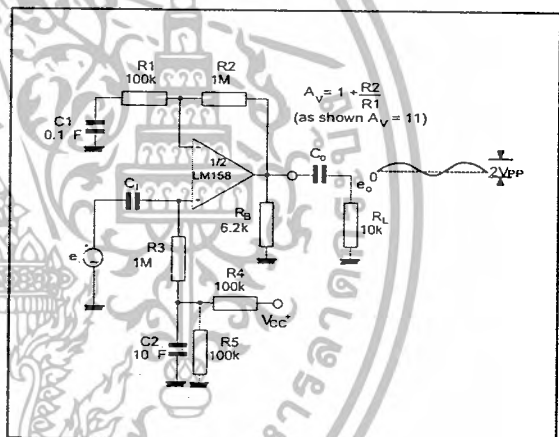


TYPICAL APPLICATIONS (single supply voltage) $V_{CC} = +5V_{dc}$

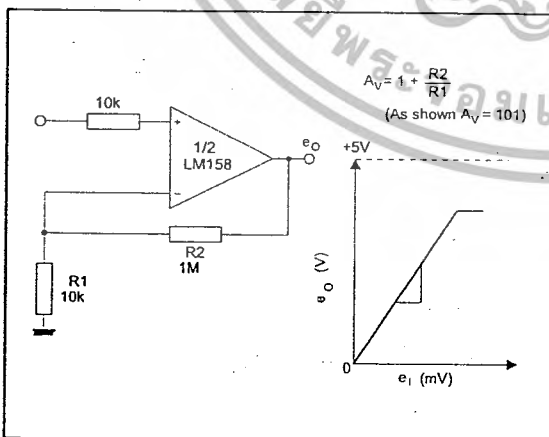
AC COUPLED INVERTING AMPLIFIER



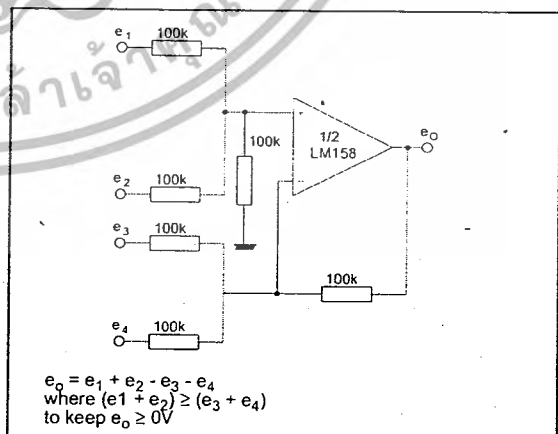
AC COUPLED NON-INVERTING AMPLIFIER



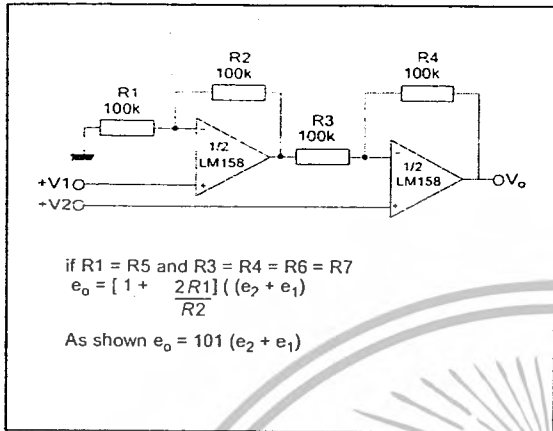
NON-INVERTING DC AMPLIFIER



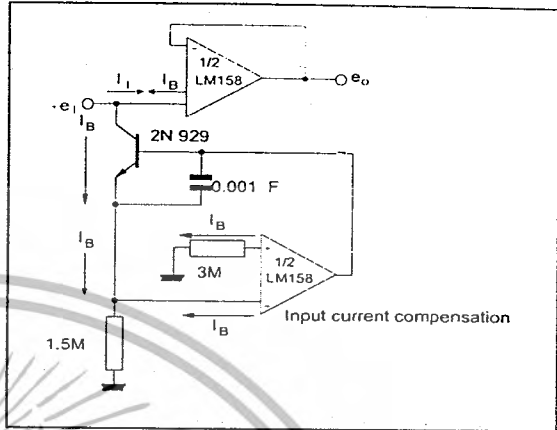
DC SUMMING AMPLIFIER



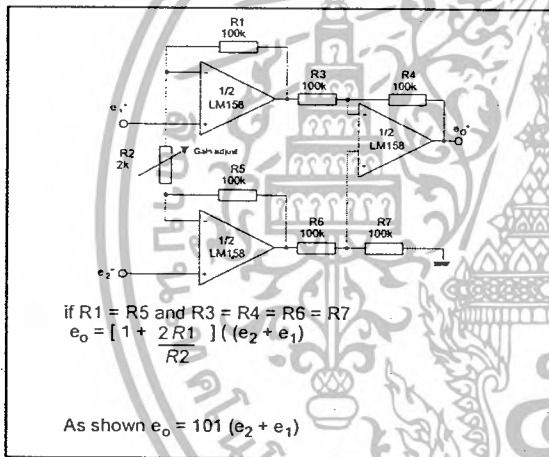
HIGH INPUT Z, DC DIFFERENTIAL AMPLIFIER



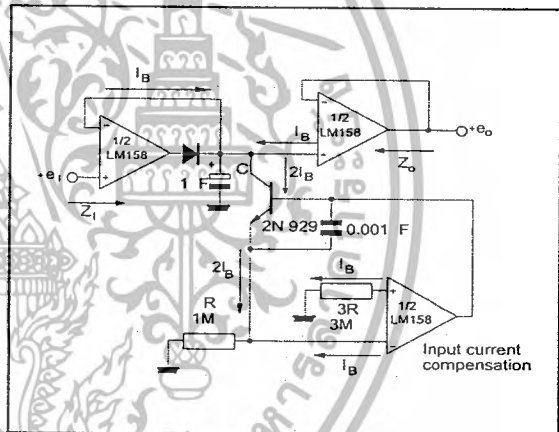
USING SYMMETRICAL AMPLIFIERS TO REDUCE INPUT CURRENT



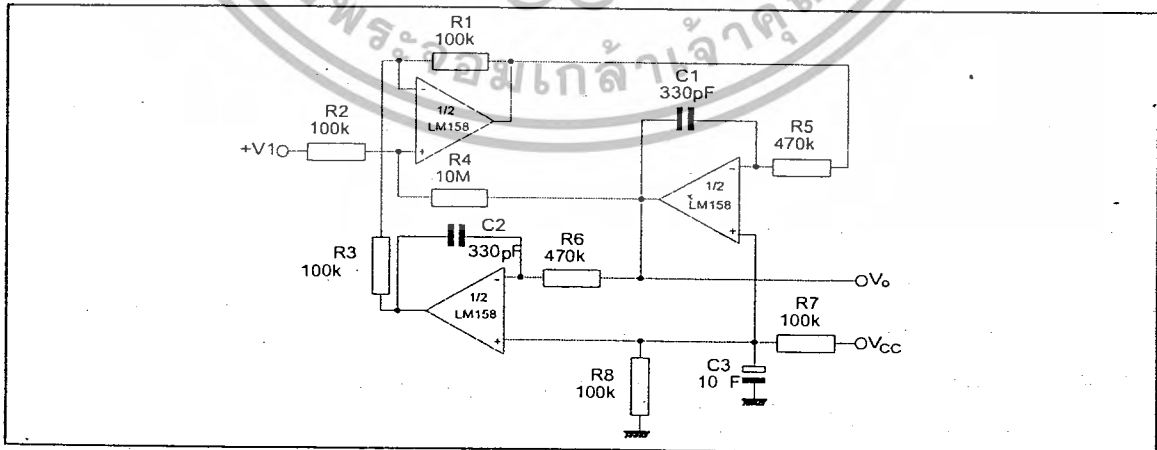
HIGH INPUT Z ADJUSTABLE GAIN DC INSTRUMENTATION AMPLIFIER



LOW DRIFT PEAK DETECTOR

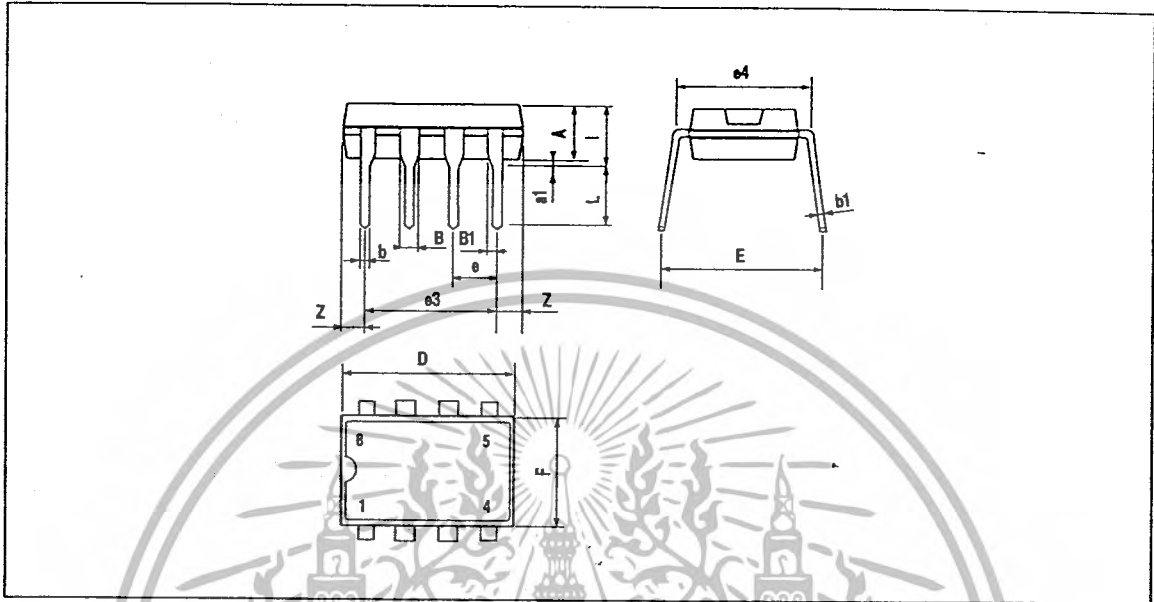


ACTIVE BAND-PASS FILTER



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

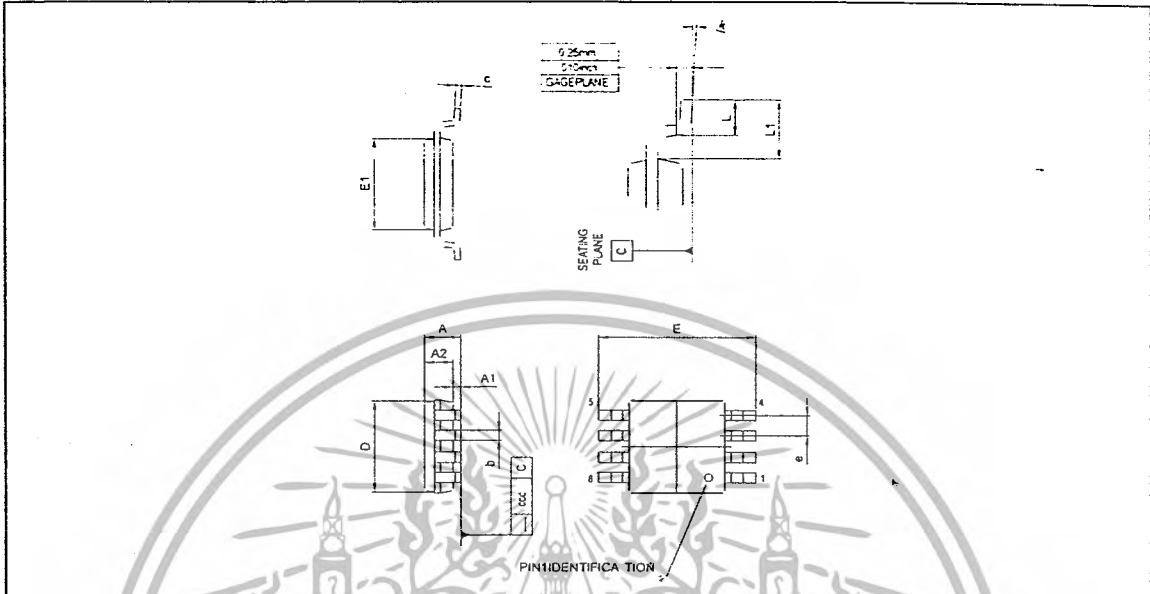
PACKAGE MECHANICAL DATA
8 PINS - PLASTIC DIP



Dim.	Millimeters			Inches		
	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.
A		3.32			0.131	
a1	0.51			0.020		
B	1.15		1.65	0.045		0.065
b	0.356		0.55	0.014		0.022
b1	0.204		0.304	0.008		0.012
D			10.92			0.430
E	7.95		9.75	0.313		0.384
e		2.54			0.100	
e3		7.62			0.300	
e4		7.62			0.300	
F			6.6			0.260
i			5.08			0.200
L	3.18		3.81	0.125		0.150
Z			1.52			0.060

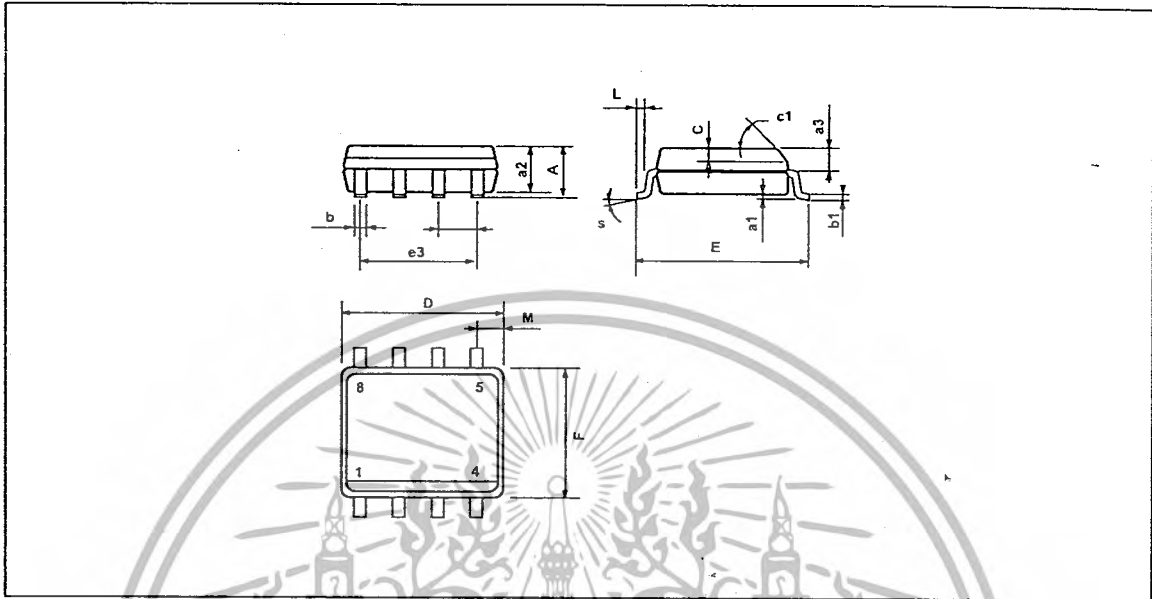
LM158,A-LM258,A-LM358,A

PACKAGE MECHANICAL DATA
8 PINS - PLASTIC MICROPACKAGE (miniSO)



Dim.	Millimeters			Inches		
	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.
A			1.100			0.043
A1	0.050	0.100	0.150	0.002	0.004	0.006
A2	0.780	0.860	0.940	0.031	0.034	0.037
b	0.250	0.330	0.400	0.010	0.013	0.016
c	0.130	0.180	0.230	0.005	0.007	0.009
D	2.900	3.000	3.100	0.114	0.118	0.122
E	4.750	4.900	5.050	0.187	0.193	0.199
E1	2.900	3.000	3.100	0.114	0.118	0.122
e		0.650			0.026	
L	0.400	0.550	0.700	0.016	0.022	0.028
L1		0.950			0.037	
k	0d	3d	6d	0d	3d	6d
ccc			0.100			0.004

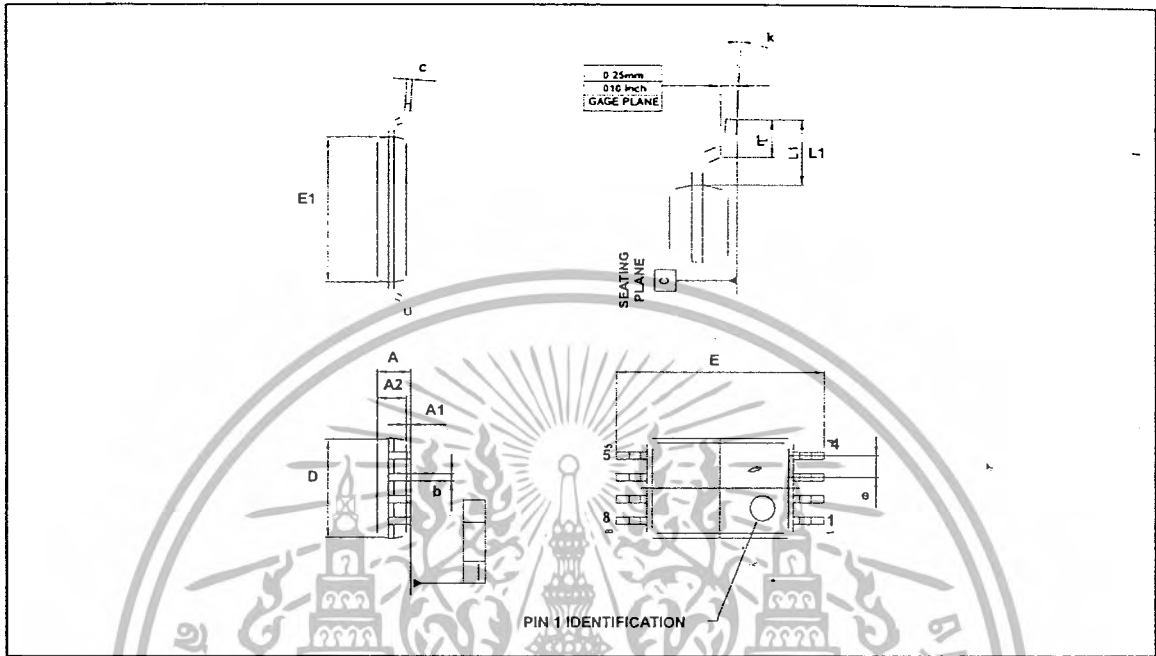
PACKAGE MECHANICAL DATA
8 PINS - PLASTIC MICROPACKAGE (SO)



Dim.	Millimeters			Inches		
	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.
A			1.75			0.069
a1	0.1		0.25	0.004		0.010
a2			1.65			0.065
a3	0.65		0.85	0.026		0.033
b	0.35		0.48	0.014		0.019
b1	0.19		0.25	0.007		0.010
C	0.25		0.5	0.010		0.020
c1			45° (typ.)			
D	4.8		5.0	0.189		0.197
E	5.8		6.2	0.228		0.244
e		1.27			0.050	
e3		3.81			0.150	
F	3.8		4.0	0.150		0.157
L	0.4		1.27	0.016		0.050
M			0.6			0.024
S			8° (max.)			

LM158,A-LM258,A-LM358,A

PACKAGE MECHANICAL DATA
8 PINS - THIN SHRINK SMALL OUTLINE PACKAGE (TSSOP)



Dim.	Millimeters			Inches		
	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.
A			1.20			0.05
A1	0.05		0.15	0.01		0.006
A2	0.80	1.00	1.05	0.031	0.039	0.041
b	0.19		0.30	0.007		0.15
c	0.09		0.20	0.003		0.012
D	2.90	3.00	3.10	0.114	0.118	0.122
E		6.40			0.252	
E1	4.30	4.40	4.50	0.169	0.173	0.177
e		0.65			0.025	
k	0°		8°	0°		8°
l	0.50	0.60	0.75	0.09	0.0236	0.030
L	0.45	0.600	0.75	0.018	0.024	0.030
L1		1.000			0.039	

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

© The ST logo is a registered trademark of STMicroelectronics

© 2002 STMicroelectronics - Printed in Italy - All Rights Reserved
STMicroelectronics GROUP OF COMPANIES

Australia - Brazil - Canada - China - Finland - France - Germany - Hong Kong - India - Israel - Italy - Japan - Malaysia
Malta - Morocco - Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - United Kingdom - United States

© <http://www.st.com>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

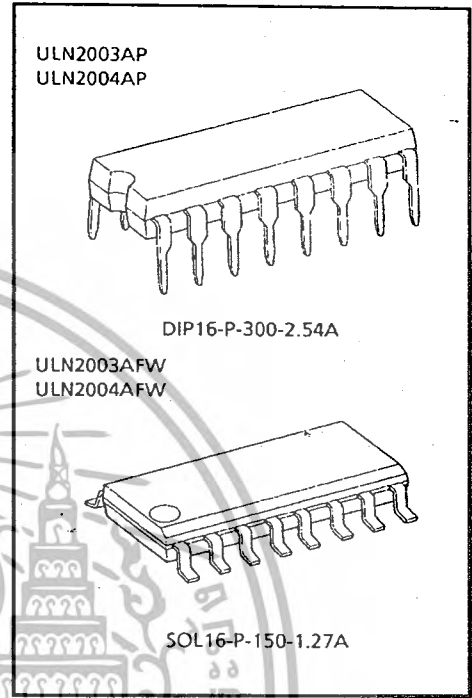
TOSHIBA BIPOLAR DIGITAL INTEGRATED CIRCUIT SILICON MONOLITHIC
ULN2003AP,ULN2003AFW,ULN2004AP,ULN2004AFW
 (Manufactured by Toshiba Malaysia)

7CH DARLINGTON SINK DRIVER

The ULN2003-AP / AFW Series are high-voltage, high-current darlington drivers comprised of seven NPN darlington pairs. All units feature integral clamp diodes for switching inductive loads. Applications include relay, hammer, lamp and display (LED) drivers.

FEATURES

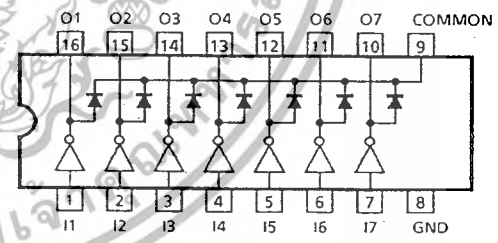
- Output current (single output) 500 mA MAX.
- High sustaining voltage output 50 V MIN.
- Output clamp diodes
- Inputs compatible with various types of logic
- Package Type-AP : DIP-16pin
- Package Type-AFW : SOL-16pin



Weight
 DIP16-P-300-2.54A : 1.11 g (Typ.)
 SOL16-P-150-1.27A : 0.15 g (Typ.)

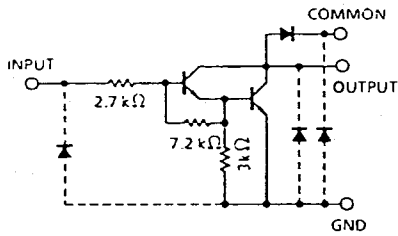
PIN CONNECTION (TOP VIEW)

TYPE	INPUT BASE RESISTOR	DESIGNATION
ULN2003AP / AFW	2.7 kΩ	TTL, 5 V CMOS
ULN2004AP / AFW	10.5 kΩ	6~15 V PMOS, CMOS

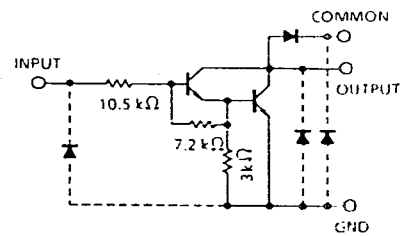


SCHEMATICS (EACH DRIVER)

ULN2003AP / AFW



ULN2004AP / AFW

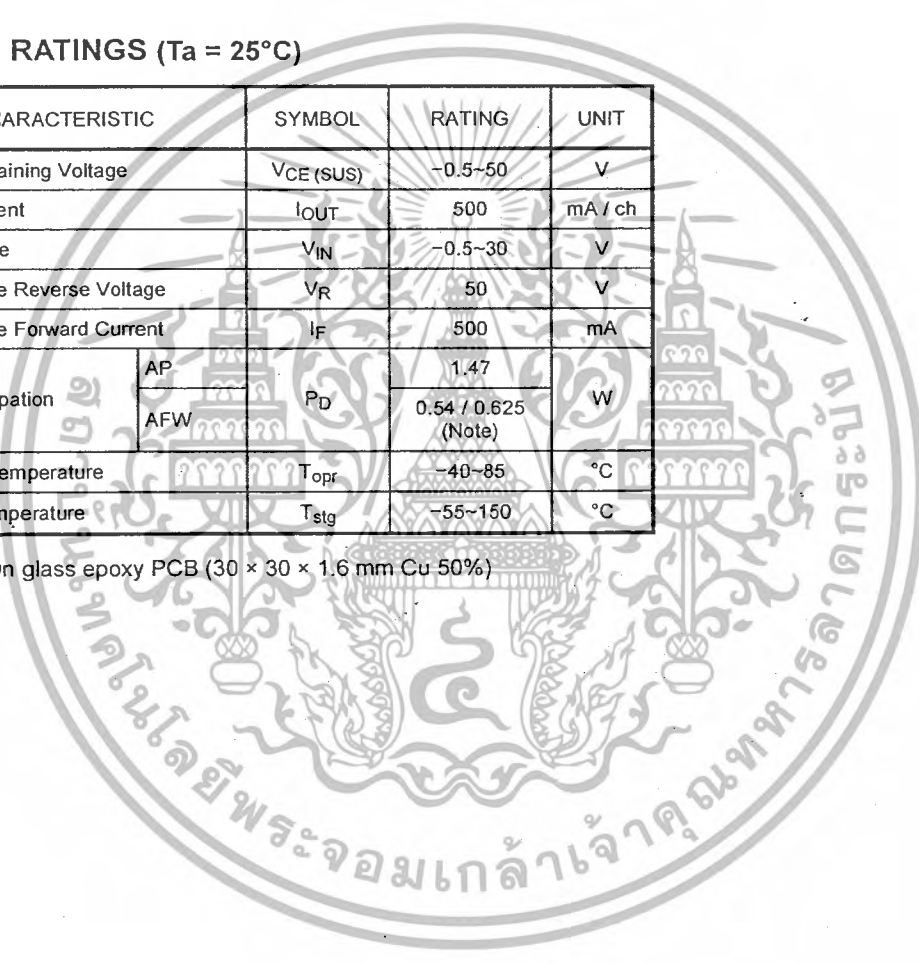


Note: The input and output parasitic diodes cannot be used as clamp diodes.

MAXIMUM RATINGS (Ta = 25°C)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	RATING	UNIT
Output Sustaining Voltage	V _{CE (SUS)}	-0.5~50	V
Output Current	I _{OUT}	500	mA / ch
Input Voltage	V _{IN}	-0.5~30	V
Clamp Diode Reverse Voltage	V _R	50	V
Clamp Diode Forward Current	I _F	500	mA
Power Dissipation	AP	1.47	W
	AFW	0.54 / 0.625 (Note)	
Operating Temperature	T _{opr}	-40~85	°C
Storage Temperature	T _{stg}	-55~150	°C

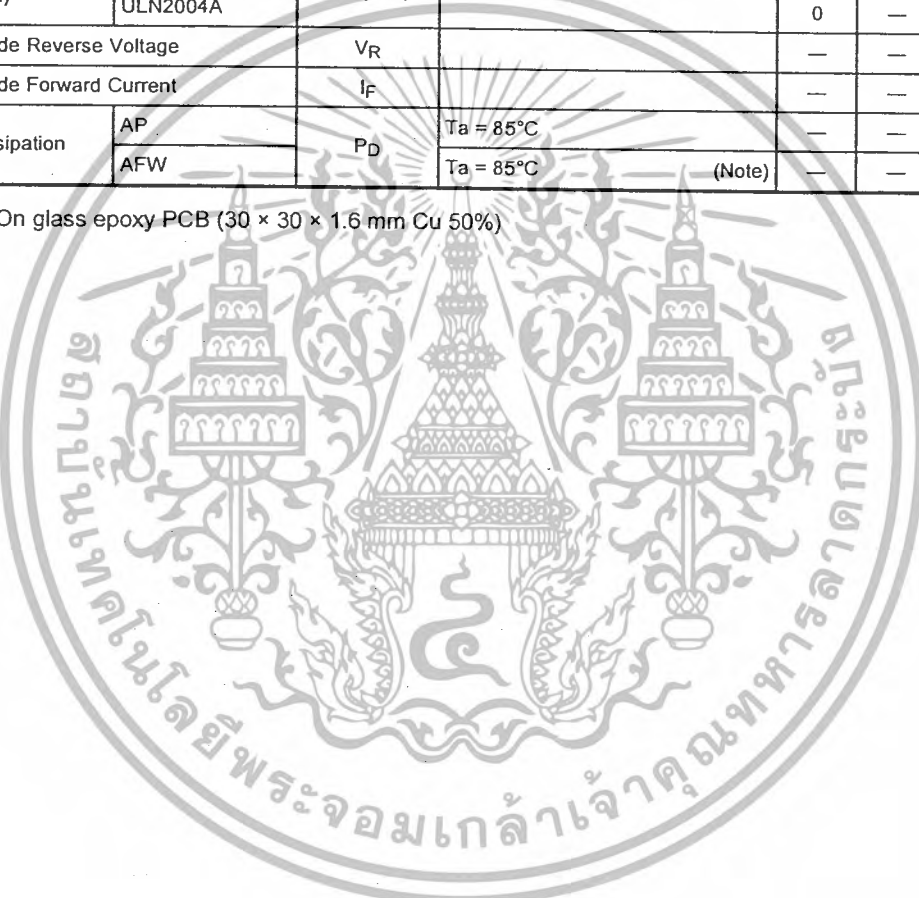
Note: On glass epoxy PCB (30 × 30 × 1.6 mm Cu 50%)



RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS (Ta = -40~85°C)

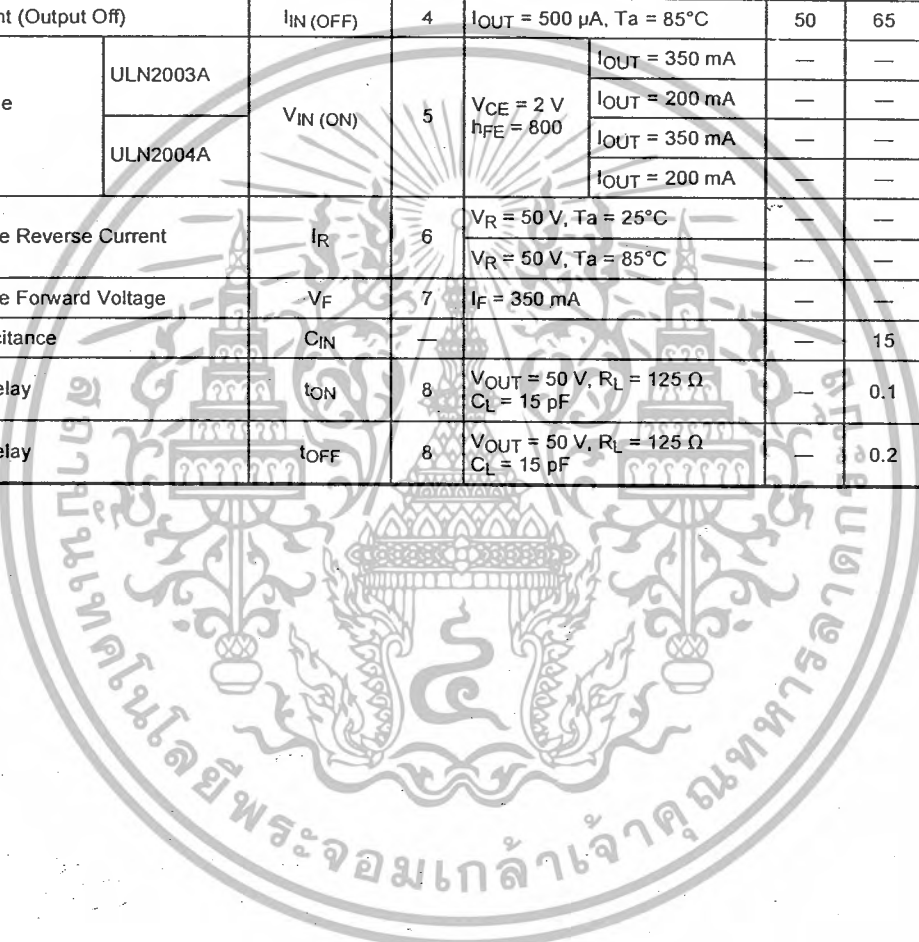
CHARACTERISTIC		SYMBOL	TEST CONDITION	MIN	TYP.	MAX	UNIT	
Output Sustaining Voltage		V _{CE (SUS)}		0	—	50	V	
Output Current	AP	I _{OUT}	T _{pw} = 25 ms 7 Circuits	Duty = 10%	0	—	370	mA / ch
				Duty = 50%	0	—	130	
	AFW		T _a = 85°C	Duty = 10%	0	—	233	
			T _j = 120°C	Duty = 50%	0	—	70	
Input Voltage		V _{IN}		0	—	24	V	
Input Voltage (Output On)	ULN2003A	V _{IN (ON)}	I _{OUT} = 400 mA h _{FE} = 800	2.8	—	24	V	
	ULN2004A			6.2	—	24		
Input Voltage (Output Off)	ULN2003A	V _{IN (OFF)}		0	—	0.7	V	
	ULN2004A			0	—	1.0		
Clamp Diode Reverse Voltage		V _R		—	—	50	V	
Clamp Diode Forward Current		I _F		—	—	350	mA	
Power Dissipation	AP	P _D	T _a = 85°C	—	—	0.76	W	
	AFW		T _a = 85°C (Note)	—	—	0.325		

Note: On glass epoxy PCB (30 × 30 × 1.6 mm Cu 50%)



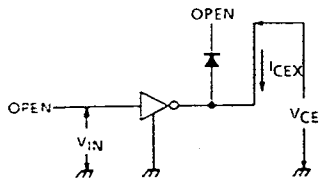
ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Ta = 25°C unless otherwise noted)

CHARACTERISTIC		SYMBOL	TEST CIRCUIT	TEST CONDITION	MIN	TYP.	MAX	UNIT	
Output Leakage Current		I _{CEX}	1	V _{CE} = 50 V, Ta = 25°C	—	—	50	μA	
				V _{CE} = 50 V, Ta = 85°C	—	—	100		
Collector-Emitter Saturation Voltage		V _{CE (sat)}	2	I _{OUT} = 350 mA, I _{IN} = 500 μA	—	1.3	1.6	V	
				I _{OUT} = 200 mA, I _{IN} = 350 μA	—	1.1	1.3		
				I _{OUT} = 100 mA, I _{IN} = 250 μA	—	0.9	1.1		
DC Current Transfer Ratio		h _{FE}	2	V _{CE} = 2 V, I _{OUT} = 350 mA	1000	—	—		
Input Current (Output On)	ULN2003A	I _{IN (ON)}	3	V _{IN} = 2.4 V, I _{OUT} = 350 mA	—	0.4	0.7	mA	
	ULN2004A			V _{IN} = 9.5 V, I _{OUT} = 350 mA	—	0.8	1.2		
Input Current (Output Off)		I _{IN (OFF)}	4	I _{OUT} = 500 μA, Ta = 85°C	50	65	—	μA	
Input Voltage (Output On)	ULN2003A	V _{IN (ON)}	5	V _{CE} = 2 V h _{FE} = 800	I _{OUT} = 350 mA	—	—	2.6	V
					I _{OUT} = 200 mA	—	—	2.0	
	ULN2004A				I _{OUT} = 350 mA	—	—	4.7	
					I _{OUT} = 200 mA	—	—	4.4	
Clamp Diode Reverse Current		I _R	6	V _R = 50 V, Ta = 25°C	—	—	50	μA	
				V _R = 50 V, Ta = 85°C	—	—	100		
Clamp Diode Forward Voltage		V _F	7	I _F = 350 mA	—	—	2.0	V	
Input Capacitance		C _{IN}	—		—	15	—	pF	
Turn-On Delay		t _{ON}	8	V _{OUT} = 50 V, R _L = 125 Ω C _L = 15 pF	—	0.1	—	μs	
Turn-Off Delay		t _{OFF}	8	V _{OUT} = 50 V, R _L = 125 Ω C _L = 15 pF	—	0.2	—		

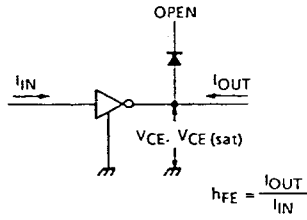


TEST CIRCUIT

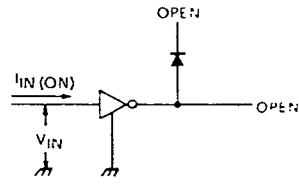
1. I_{CEX}



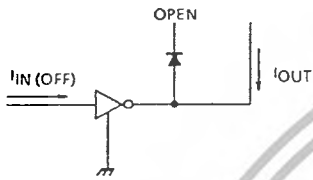
2. $V_{CE(sat)}, h_{FE}$



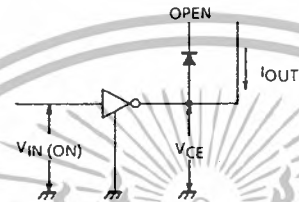
3. $I_{IN(ON)}$



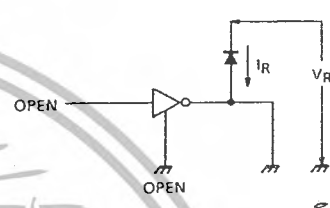
4. $I_{IN(OFF)}$



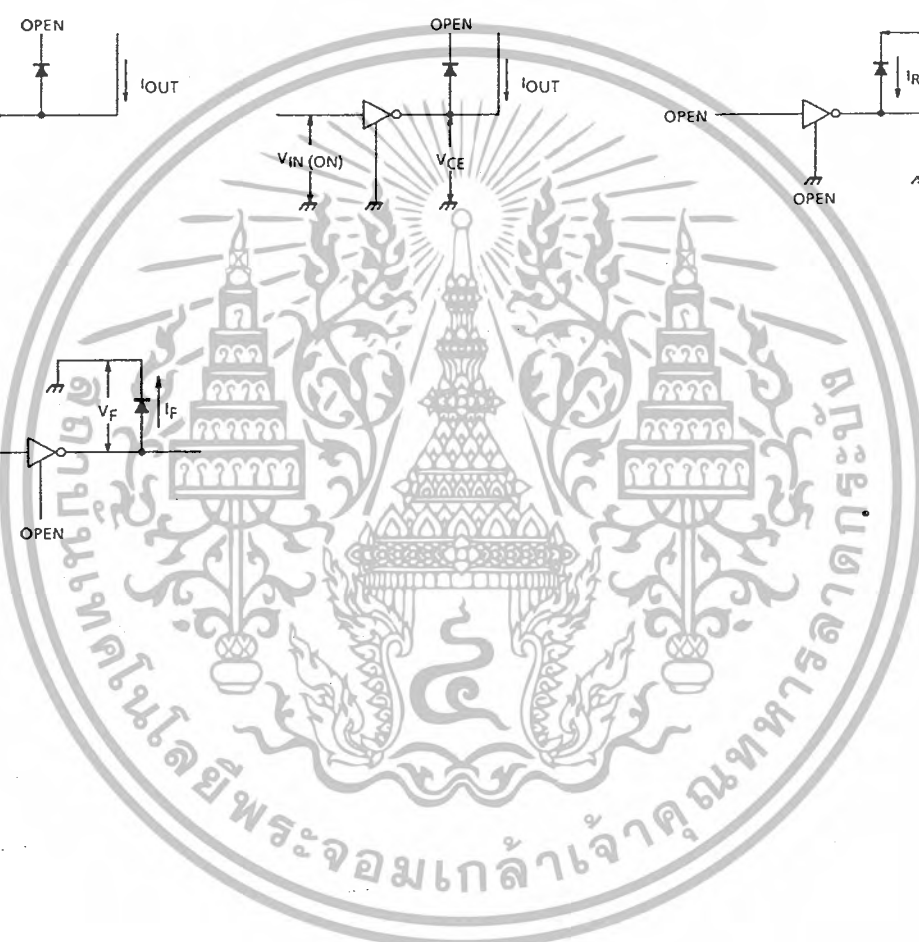
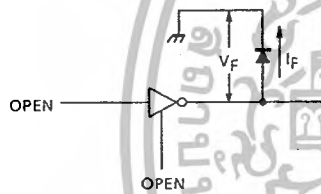
5. $V_{IN(ON)}$



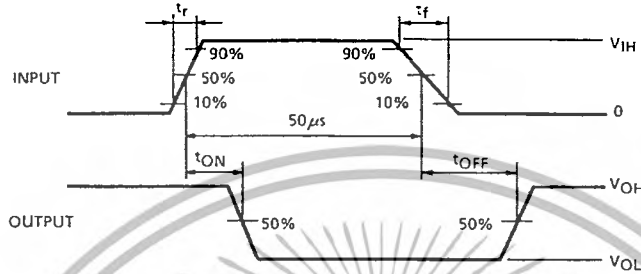
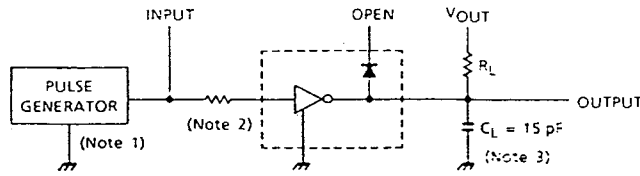
6. I_R



7. V_F



8. t_{ON} , t_{OFF}



Note 1: Pulse width 50 μ s, duty cycle 10%
Output impedance 50 Ω , $t_r \leq 5$ ns, $t_f \leq 10$ ns
Note 2: See below

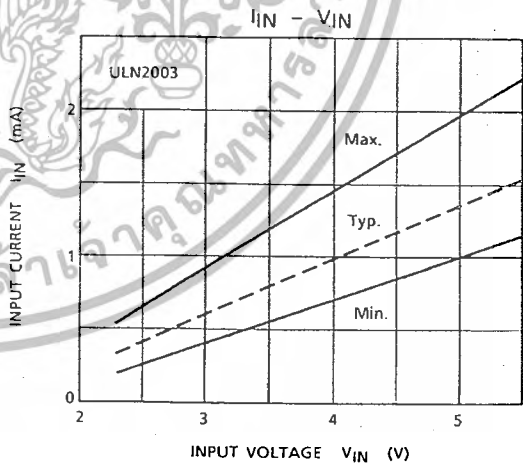
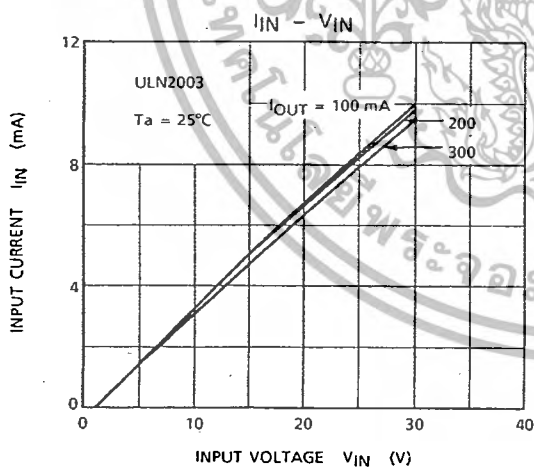
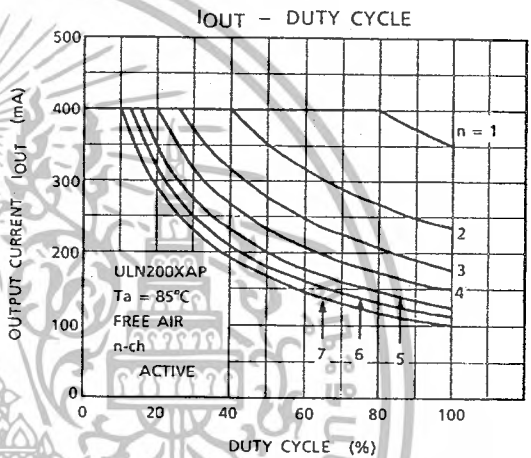
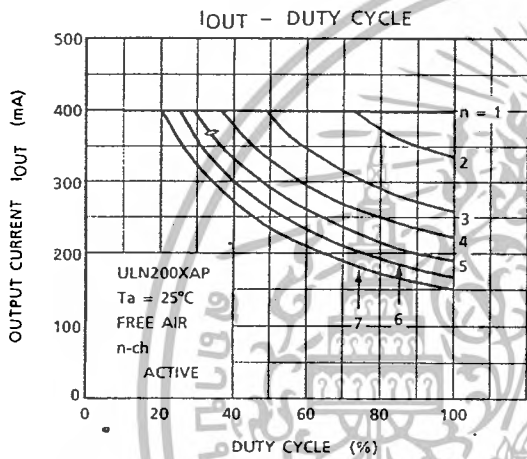
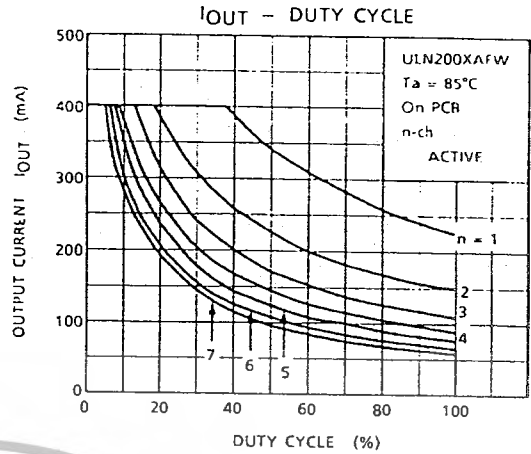
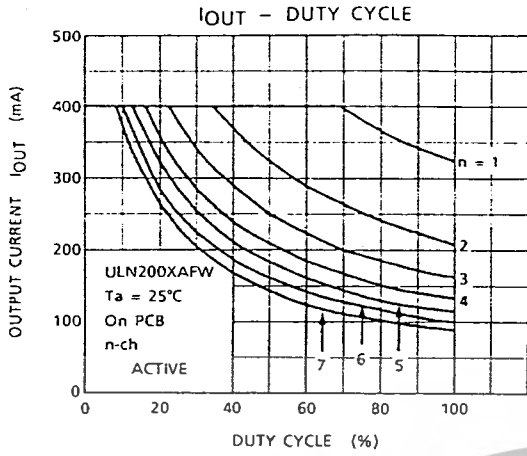
INPUT CONDITION

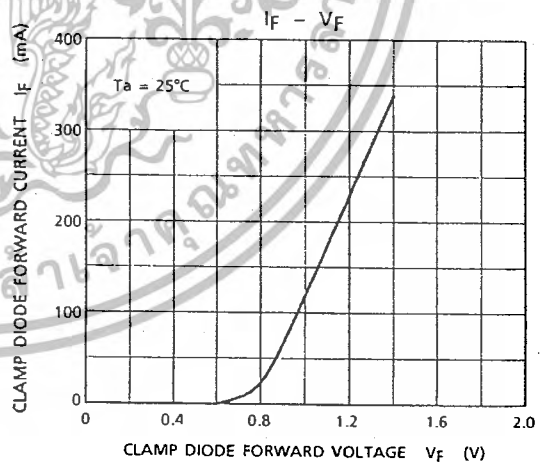
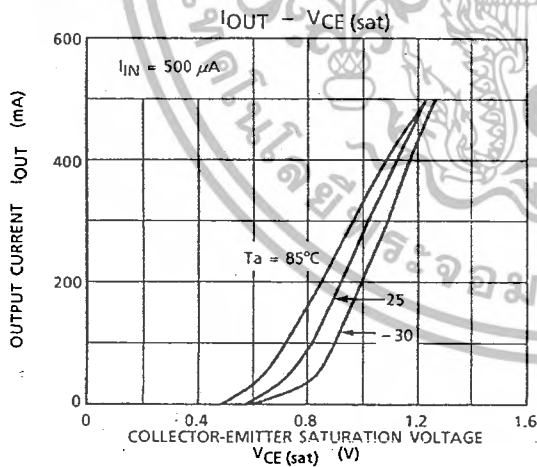
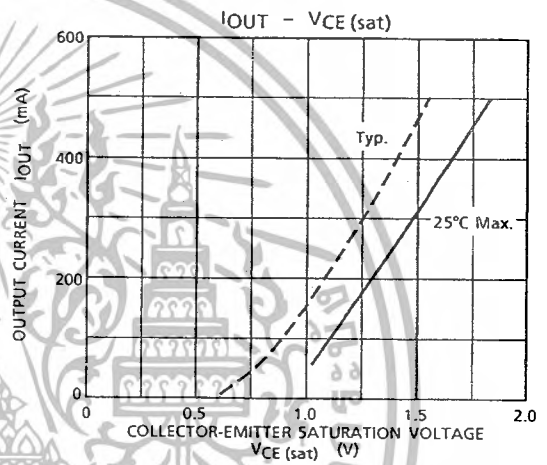
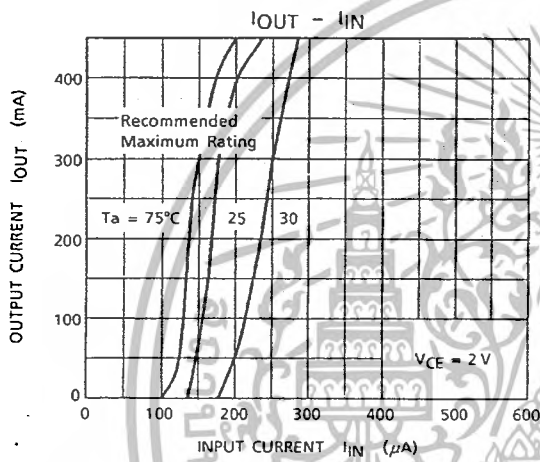
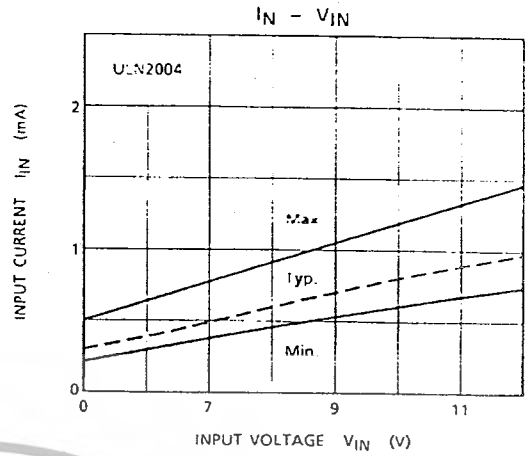
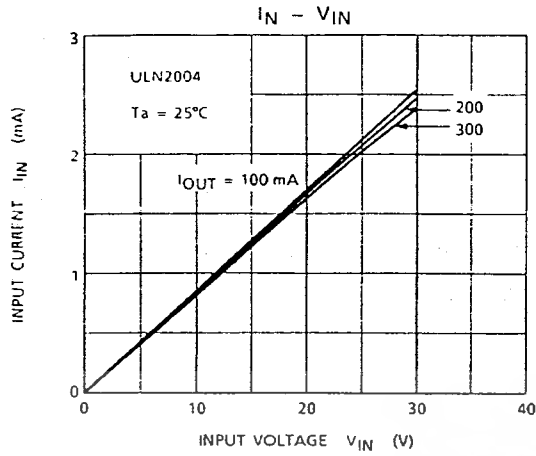
TYPE NUMBER	R1	V_{IH}
ULN2003AP / AFW	0	3 V
ULN2004AP / AFW	0	8 V

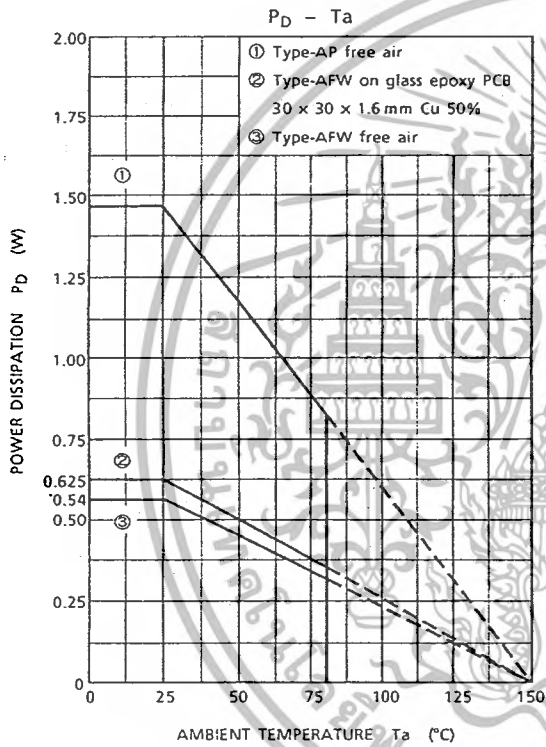
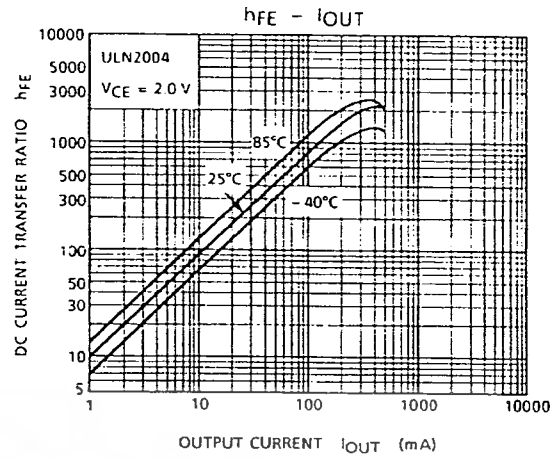
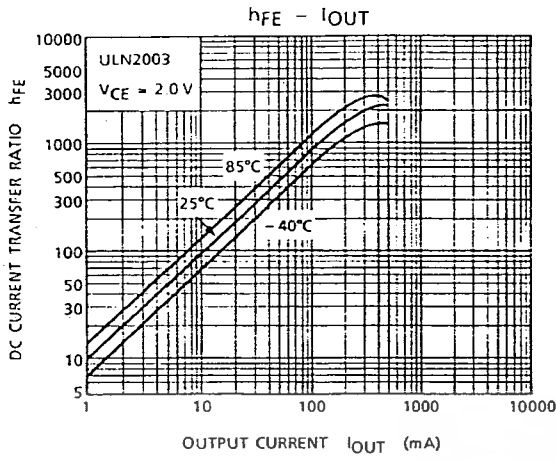
Note 3: C_L includes probe and jig capacitance.

PRECAUTIONS for USING

This IC does not include built-in protection circuits for excess current or overvoltage. If this IC is subjected to excess current or overvoltage, it may be destroyed. Hence, the utmost care must be taken when systems which incorporate this IC are designed. Utmost care is necessary in the design of the output line, COMMON and GND line since IC may be destroyed due to short-circuit between outputs, air contamination fault, or fault by improper grounding.

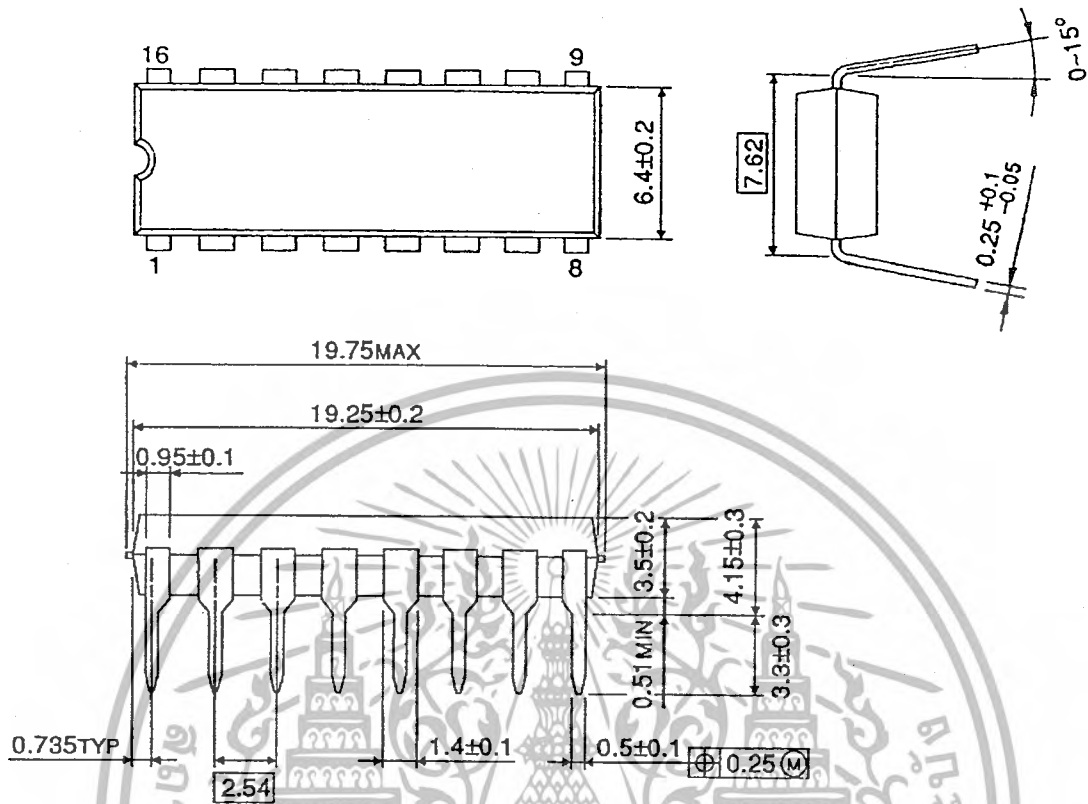






PACKAGE DIMENSIONS

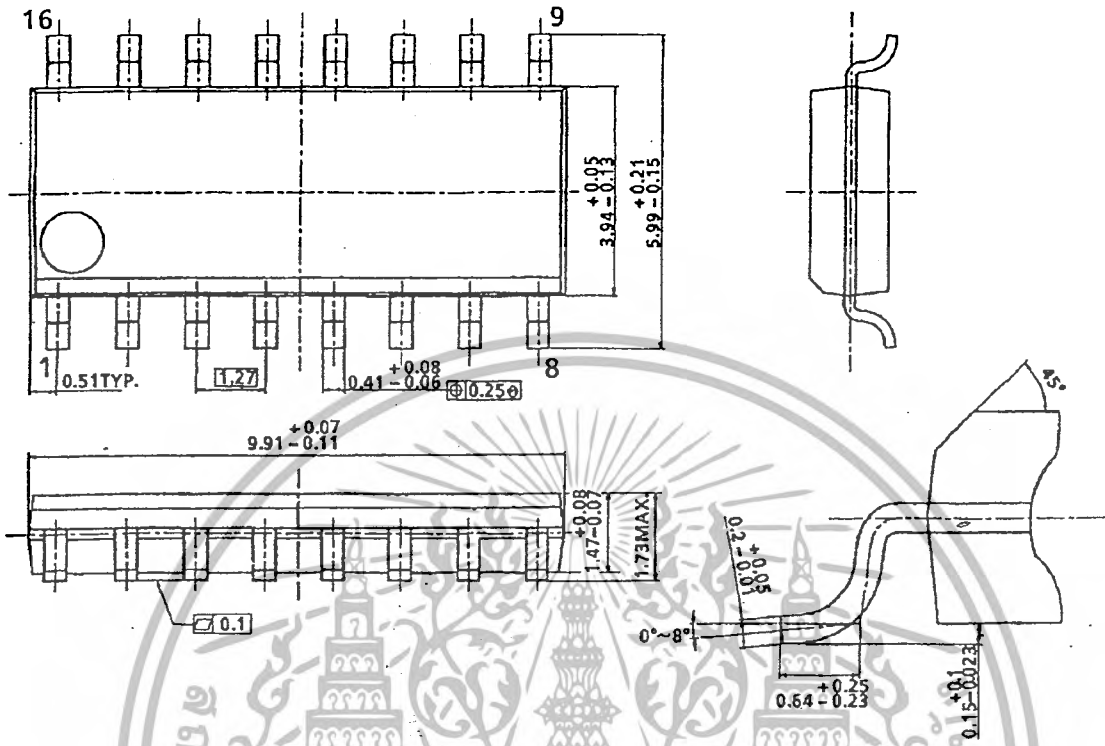
DIP16-P-300-2.54A



Weight: 1.11 g (Typ.)

PACKAGE DIMENSIONS

SOL16-P-150-1.27A



Weight: 0.15 g (Typ.)





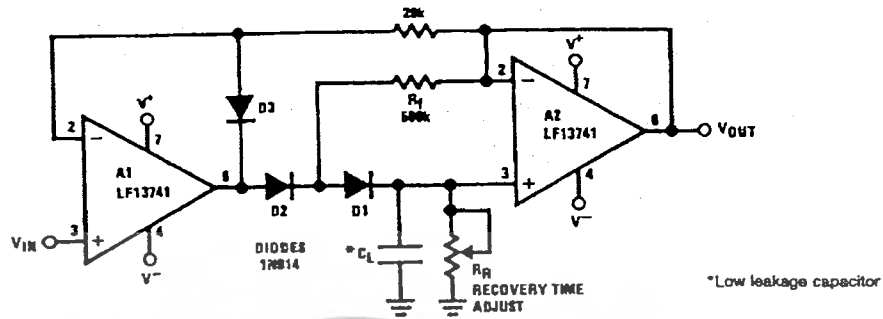
RESTRICTIONS ON PRODUCT USE

000707EBA

- TOSHIBA is continually working to improve the quality and reliability of its products. Nevertheless, semiconductor devices in general can malfunction or fail due to their inherent electrical sensitivity and vulnerability to physical stress. It is the responsibility of the buyer, when utilizing TOSHIBA products, to comply with the standards of safety in making a safe design for the entire system, and to avoid situations in which a malfunction or failure of such TOSHIBA products could cause loss of human life, bodily injury or damage to property. In developing your designs, please ensure that TOSHIBA products are used within specified operating ranges as set forth in the most recent TOSHIBA products specifications. Also, please keep in mind the precautions and conditions set forth in the "Handling Guide for Semiconductor Devices," or "TOSHIBA Semiconductor Reliability Handbook" etc..
- The TOSHIBA products listed in this document are intended for usage in general electronics applications (computer, personal equipment, office equipment, measuring equipment, industrial robotics, domestic appliances, etc.). These TOSHIBA products are neither intended nor warranted for usage in equipment that requires extraordinarily high quality and/or reliability or a malfunction or failure of which may cause loss of human life or bodily injury ("Unintended Usage"). Unintended Usage include atomic energy control instruments, airplane or spaceship instruments, transportation instruments, traffic signal instruments, combustion control instruments, medical instruments, all types of safety devices, etc.. Unintended Usage of TOSHIBA products listed in this document shall be made at the customer's own risk.
- The products described in this document are subject to the foreign exchange and foreign trade laws.
- The information contained herein is presented only as a guide for the applications of our products. No responsibility is assumed by TOSHIBA CORPORATION for any infringements of intellectual property or other rights of the third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any intellectual property or other rights of TOSHIBA CORPORATION or others.
- The information contained herein is subject to change without notice.

Typical Applications (Continued)

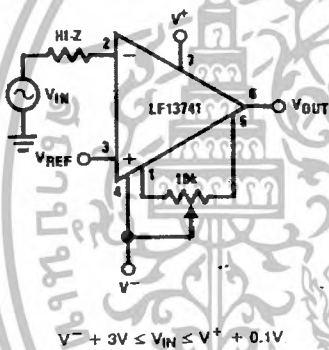
Ultra-Low Drift Peak Detector



- By adding D1 and R_F , $V_{D1} = 0$ during hold mode. Leakage of D2 provided by feedback path through R_F .
- Leakage of circuit is I_B plus leakage of C_{CL} .
- D3 clamps V_{OUT} A1 to $V_{IN} - V_{D3}$ to improve speed and to limit the reverse bias of D2.
- Maximum input frequency should be $< \frac{1}{2} \pi R_F C_{D2}$ where C_{D2} is the shunt capacitance of D2.

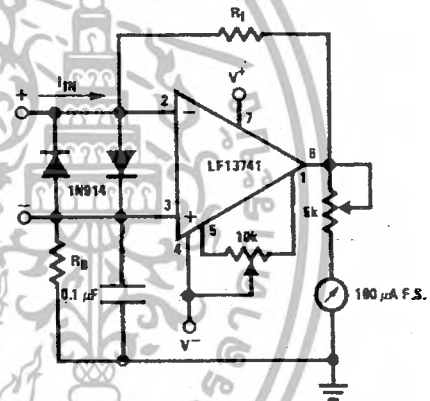
TL/H/8296-24

Comparator with Offset Adjust for HI-Z Inputs



TL/H/8296-25

Low Current Ammeter



TL/H/8298-26

I FULL SCALE	R_F	R_B
100 nA	1.5M	1.5M
500 nA	300k	300k
1 μ A	300k	0
5 μ A	60k	0
10 μ A	30k	0
50 μ A	6k	0
100 μ A	3k	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น. ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น. อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้