



เครื่องติดต่อภายในโดยใช้เส้นใยแสง

OPTICAL FIBER INTERCOM



โดย  
นายปิยะ พรอินทร์  
นายสิทธิชัย เคนนูปผา

ปริญญาโท เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคตามหลักสูตรปริญญาโทวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2535

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

032752

เครื่องติดต่อภายในโดยใช้เส้นใยแสง

OPTICAL FIBER INTERCOM

นาย ปิยะ พรลินทร์

นาย สิกิชัย เคนบุปผา

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. อภินันท์ มีธยานนท์

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันนี้ เทคโนโลยีทางการสื่อสารได้ถูกพัฒนาก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว เพื่อสนองตอบต่อสภาวะเศรษฐกิจที่มีการแข่งขันสูง เช่นที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน ที่ต้องการการสื่อสารที่รวดเร็วซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของความสำเร็จ ระบบสื่อสารด้วยเส้นใยแสงก็เป็นระบบหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในการสื่อสาร โดยการใช้แสงเป็นตัวนำสัญญาณข้อมูลต่างๆเดินทางไปในเส้นใยแสง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับระบบสายเคเบิล หรือระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียม การสื่อสารด้วยเส้นใยแสงสามารถส่งข้อมูลได้จำนวนมหาศาลและประหยัดกว่า

โครงการนี้จึงทำการศึกษาการส่งสัญญาณด้วยเส้นใยแสง โดยใช้ตัวกำเนิดแสงที่เป็น LED (Light Emitting Diode) ที่ให้แสงสีแดงที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (red visible light) ที่มีควมยาวคลื่น 660 นาโนเมตร เพราะเหมาะสำหรับใช้ในการศึกษา และการส่งสัญญาณในระยะใกล้

## OPTICAL FIBER INTERCOM

PIYA            PORNIN  
SITTHICHAI   KENBUPPHA

ADVISOR

Assist. Prof. APINUN            MUNYANON

### Abstract

According to the new technology for communication acts as a vital role for economy the high completion appears in the market.

Optic fiber communication system is widely. The light transmitted through the fiber and can increase channel for transmitting data. It is cheaper when compare with mettalic cabel system and satellite communication.

This paper describes and experiment results of transmitting signal through the optic fiber to be optical source that call "LED"( Ligth Emitting Diode) in red visible region. It operates at a wavelength 660 nanometre that is suitable to make the experiment for short distance.

## สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีในการออกแบบและทดลอง	3
โครงสร้าง เส้นใยแสง	4
ชนิดของ เส้นใยแสงแบ่งตามลักษณะของดัชนีการหักเห	5
คุณสมบัติพิเศษของ เส้นใยแสง	6
แหล่งกำเนิดแสง	7
โครงสร้างของ LED	8
อุปกรณ์รับแสง	10
คุณสมบัติของความยาวคลื่นแหล่งกำเนิดแสง	11
การมอดูเลตทางความถี่แสง	12
ทฤษฎีในการออกแบบและทดลอง	14
บทที่ 3 การออกแบบและการสร้างวงจร	16
หลักการทํางานของวงจรทางภาคส่ง	17
หลักการทํางานของวงจรทางภาครับ	19
คุณสมบัติ เส้นใยแสงที่ใช้ทดลอง	21
วงจรทางภาคส่ง	22
วงจรทางภาครับ	23
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	24
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและวิจารณ์	28
กิจกรรมประกาศ	
ภาคผนวก	
เอกสารอ้างอิง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 1

### บทนำ

ปัจจุบัน ความเจริญก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีการสื่อสารมีมากขึ้น โดยเฉพาะระบบการสื่อสารที่ใช้เส้นใยแสง หรือ "ออปติกไฟเบอร์(optic fiber)" กำลังถูกพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็วและถูกนำมาใช้ในกิจการสื่อสารได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าระบบสื่อสารแบบอื่น

ระบบการทำงานพื้นฐานของการสื่อสารด้วยเส้นใยแสง ประกอบด้วยแหล่งข้อมูลที่จะเป็นสัญญาณภาพ/เสียง หรือข้อมูลทางคอมพิวเตอร์ ที่อยู่ในรูปสัญญาณไฟฟ้าถูกแปลงให้เป็นสัญญาณแสงที่ภาคส่งด้วยเทคนิคบางอย่าง เช่น การมอดูเลต จากนั้นวงจรรับแสงจะทำหน้าที่ส่งสัญญาณข้อมูลด้วยแหล่งกำเนิดแสงที่อาจเป็น LED เลเซอร์ไดโอด หรือแหล่งกำเนิดเลเซอร์ ข้อมูลแสงที่ได้จะเดินทางไปตามเส้นใยแสง สู่ภาครับด้วยความเร็วของแสง ที่ภาครับ ตัวรับแสงที่เป็นโฟโตทรานซิสเตอร์ร่วมกับวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ จะทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณแสงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าของข้อมูลเดิม แล้วทำการขยายสัญญาณก่อนส่งผ่านไปสู่ส่วนแสดงผลหรือนำไปใช้งานต่อไป

#### ระบบการสื่อสารด้วยเส้นใยแสงแบบอนาล็อก

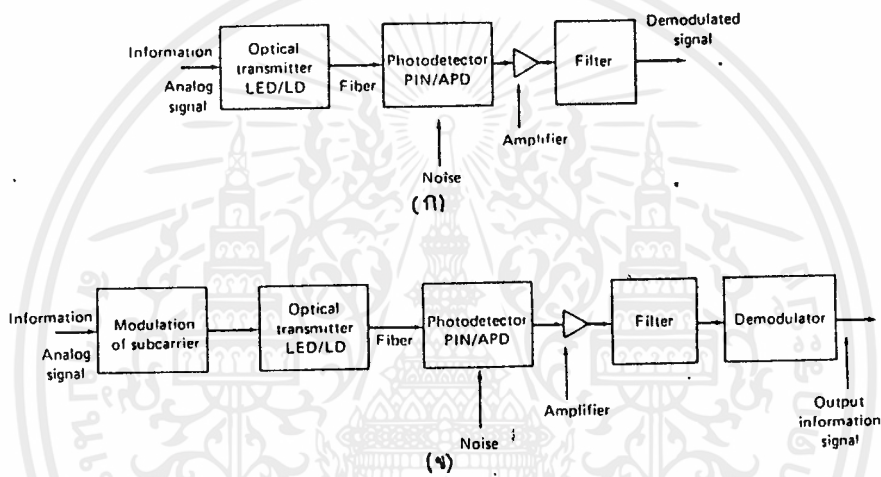
สำหรับโครงงานนี้ทำการศึกษาการส่งสัญญาณที่อยู่ในรูปแบบอนาล็อกผ่านตัวกลางที่เป็นเส้นใยแสง ดังนั้นจึงขอกว่าระบบสื่อสารด้วยเส้นใยแสงแบบอนาล็อก ซึ่งแสดงดังรูปที่ 1.1

การสื่อสารด้วยเส้นใยแสงแบบอนาล็อก เหมาะสำหรับการส่งสัญญาณ และเชื่อมโยงในระยะใกล้เนื่องจากง่ายและไม่สิ้นเปลืองด้านราคา โดยทั่วไปจะไม่ใช้กับการเชื่อมโยงระยะไกลซึ่งต้องใช้เทคนิคดิจิทัล กับเส้นใยแสงแบบโหมดเดี่ยว(single-mode)ซึ่งได้เปรียบมากกว่าเมื่อเทียบกับระบบสายเคเบิลแบบโคแอกเซียล(coaxial cable) และ ระบบไมโครเวฟ(microwave) สำหรับช่วงการใช้งานที่เชื่อมโยงระหว่างจุดต่อจุดของระบบภาคพื้นดิน

ระบบสื่อสารแบบอนาล็อกสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดดังรูป แบบที่ 1 เป็นระบบอย่างง่าย โดยเอาทุกความเข้มแสง(light intensity)ของสารกึ่งตัวนำแหล่งกำเนิดแสง(laser diode หรือ LED )ถูกเปลี่ยนโดยตรงหรือถูกมอดูเลต(modulate)โดยข้อมูลที่เป็นสัญญาณอนาล็อกแสงที่ถูกมอดูเลตนี้จะส่งเข้าไปในเส้นใยแสง และ จะถูกดีมอดูเลตที่ภาครับโดยโฟโตดีเทคเตอร์, แอมพลิไฟเออร์(amplifier), ฟิลเตอร์(filter) ซึ่งขึ้นกับคุณสมบัติของสัญญาณอนาล็อก; low-pass filter สำหรับสัญญาณเบสแบนด์(baseband) และ bandpass filter สำหรับสัญญาณ

คุณภาพความถี่วิทยุ ประสิทธิภาพของระบบโดยเฉพาะค่า SNR(signal-to-noise ratio) ซึ่งพิจารณาจากอินพุทของกำลังแสง(optical power)ที่ดีเทคเตอร์รับได้ และสัญญาณรบกวนที่เกิดจากวงจรขยาย

สำหรับแบบที่ 2 เป็นระบบอนาล็อกโดยที่สัญญาณซับแคเรียร์(subcarrier)จะถูกมอดูเลตด้วยข้อมูลที่เป็นสัญญาณอนาล็อก แล้วไดร์(drive) แหล่งกำเนิดแสงได้เอาทุกของกำลังความเข้มแสงเดินทางในเวฟไกด์(waveguide)ที่เป็นเส้นใยแสง ส่วนทางด้านรับต้องมีวงจรดีมอดูเลเตอร์(demodulator) เพื่อแยกให้ได้สัญญาณอนาล็อกที่เหมือนกับทางด้านส่ง



รูปที่ 1.1 แสดงระบบสื่อสารด้วยเส้นใยแสงแบบอนาล็อก

- (ก) การมอดูเลตความเข้มแสงโดยข้อมูลที่เป็นสัญญาณอนาล็อก
- (ข) ซับแคเรียร์(subcarrier)ถูกมอดูเลตด้วยข้อมูลที่เป็นสัญญาณอนาล็อก

การศึกษาและออกแบบทดลองการสื่อสารด้วยเส้นใยแสง โดยวิธีการมอดูเลตความเข้มแสงด้วยข้อมูลที่เป็นสัญญาณอนาล็อก(intensity modulation) ในโครงงานนี้ทางด้านเครื่องส่งใช้อุปกรณ์แหล่งกำเนิดแสงชนิด LED (light emitting diode) ที่มีความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร ด้านเครื่องรับใช้อุปกรณ์รับแสง หรือโฟโตดีเทคเตอร์ชนิดโฟโตทรานซิสเตอร์แบบคาร์ลิงตัน(darlington) และใช้เส้นใยแสงขนาด 1000 ไมโครเมตร ที่มีคอร์(core)เป็นพลาสติก ซึ่งเหมาะกับแพคเกจ(package) ของอุปกรณ์แสงทั้งสอง

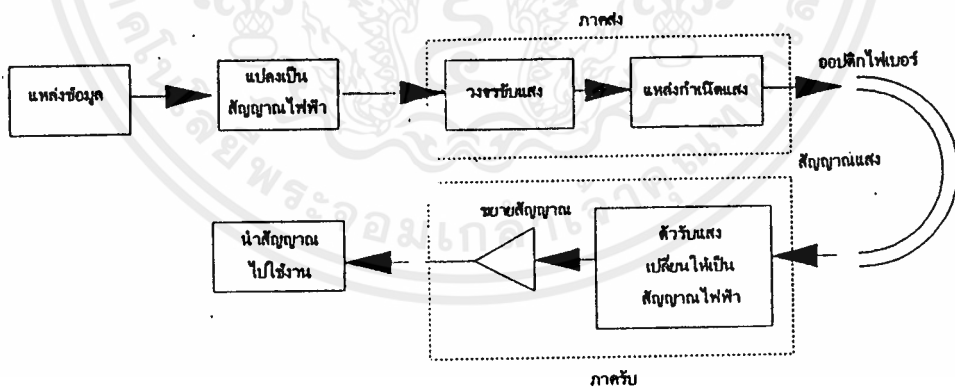
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและหลักการ

#### หลักการสื่อสารด้วยเส้นใยแสง

ระบบสื่อสารด้วยเส้นใยแสงมีโครงสร้างคล้ายกับระบบการสื่อสารด้วยสายเคเบิล เพียงแต่ใช้ตัวกลางนำข้อมูลที่ต่างกัน กล่าวคือเมื่อต้องการส่งข้อมูลที่อยู่ในรูปสัญญาณเสียง สัญญาณภาพ หรือ ข้อมูลทางคอมพิวเตอร์ วงจรภาคส่งจะทำหน้าที่จัดรูปสัญญาณให้เหมาะสมสำหรับตัวกำเนิดแสงซึ่งอาจอยู่ในรูปสัญญาณอนาล็อก หรือ สัญญาณดิจิทัลซึ่งให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า จากนั้นวงจรในส่วนที่เป็นแหล่งกำเนิดแสง หรือ วงจรไดรเวอร์รับสัญญาณ จะแปลงสัญญาณไฟฟ้าที่ได้ให้เป็นสัญญาณแสงส่งไปยังสถานีรับหรือเครื่องรับโดยมีเส้นใยแสงทำหน้าที่เป็นท่อนำสัญญาณ ที่เครื่องรับจะมีโฟโตไดโอด หรือโฟโตทรานซิสเตอร์ ทำหน้าที่ร่วมกับวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์เปลี่ยนสัญญาณแสงที่ได้รับให้อยู่ของสัญญาณไฟฟ้าของข้อมูลเดิม แล้วทำการขยายสัญญาณก่อนส่งผ่านไปสู่ส่วนแสดงผล หรือนำไปใช้งานอื่นต่อไป ซึ่งบล็อกไดอะแกรมแสดงระบบพื้นฐานของการสื่อสารด้วยแสงแสดงดังรูปที่ 2.1

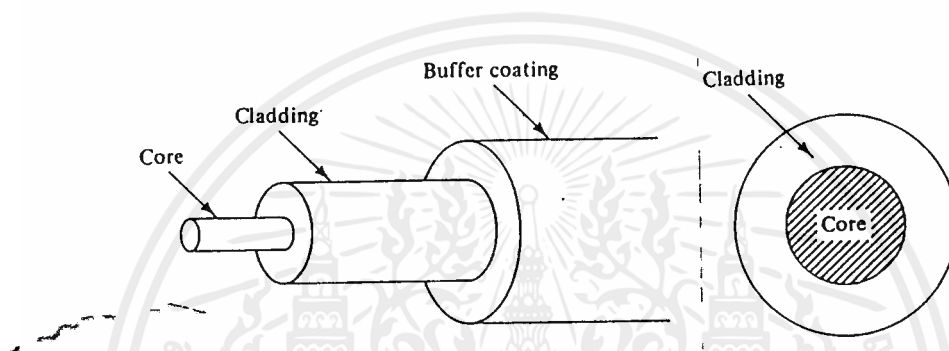


รูปที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมของระบบสื่อสารเส้นใยแสง

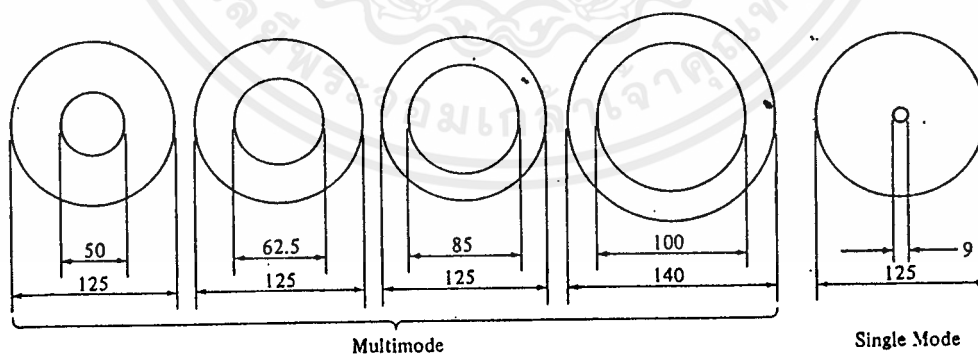
## เส้นใยแสง

เส้นใยแสงทำจากวัสดุประเภทโปร่งแสง เช่น แก้ว หรือพลาสติกใส นำมาดึงให้เป็นเส้นตรงคล้ายเส้นลวด เพื่อใช้สำหรับเป็นทางเดินของของข้อมูลแสง วัสดุที่สำคัญที่ใช้ในการผลิตเส้นใยแสงคือ ซิลิกา(silica) ซึ่งหาได้ง่ายจากทรายทั่วไป

โครงสร้างของเส้นใยแสงประกอบด้วย ส่วนที่เป็นแกน หรือคอร์(core) อยู่ในแนวเส้นผ่าศูนย์กลางทำหน้าที่เป็นท่อนำสัญญาณแสง และส่วนที่เป็นวัสดุหุ้มแกน หรือแคลดดิ้ง(cladding) ทำหน้าที่คล้ายกับผนังกันการสูญเสียข้อมูลโดยรอบแกน อีกทั้งมีผลช่วยให้ระบบการนำแสงดีขึ้นด้วย



รูปที่ 2.2 แสดงโครงสร้างของเส้นใยแสง



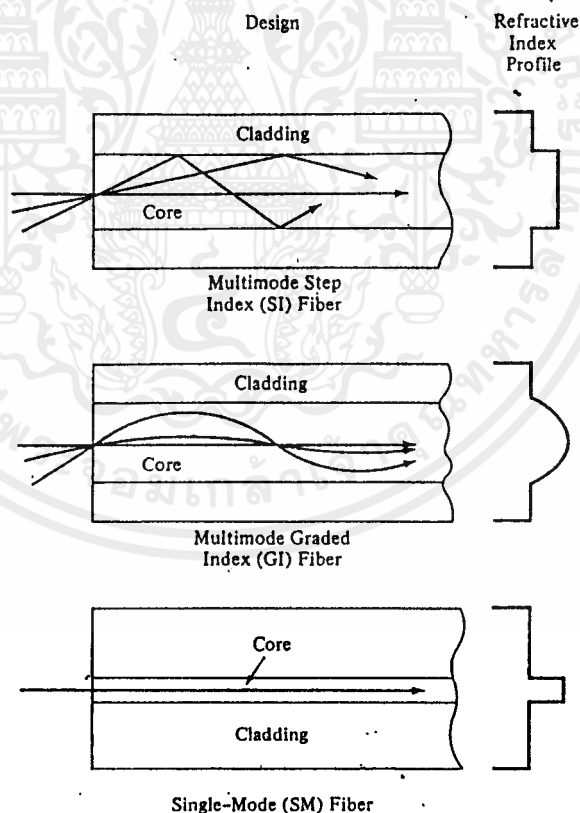
รูปที่ 2.3 แสดงขนาดมาตรฐานของเส้นใยแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ชนิดของเส้นใยแสงที่แบ่งตามลักษณะของดัชนีการหักเห

1. สแต็ปอินเด็กซ์(step index) เป็นเส้นใยแสงที่มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงของดัชนีการหักเหระหว่างคอร์กับแคลคดิ่งเป็นลักษณะขั้นบันได(step) โดยปกติค่าดัชนีการหักเหที่คอร์จะมีมากกว่าที่แคลคดิ่ง แนวทางของแสงที่เดินผ่านจะมีลักษณะเป็นเส้นตรงสะท้อนไปมาตรงบริเวณรอยต่อระหว่างคอร์กับแคลคดิ่งตามกฎของสเนลล์

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใยแสงทั้งเส้นส่วนใหญ่มีค่าเท่ากับ 125 ไมครอน โดยขนาดของคอร์จะขึ้นอยู่กับกรอกแบบว่าจะใช้สำหรับส่งข้อมูลในลักษณะโหมคร่วม(multi mode) หรือโหมคเดี่ยว(single mode) การส่งข้อมูลแบบโหมคร่วม หมายความว่า แสงสามารถเดินทางในเส้นใยแสงได้หลายแนวทางขึ้นกับมุมมองค่าที่แสงตกกระทบเส้นใยแสงขาเข้า ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางกลางคอร์แบบโหมคร่วมมีค่าประมาณ 52 ไมครอนดังแสดงในรูปที่ 2.4(ก) สำหรับเส้นใยแสงแบบโหมคเดี่ยวจะมีแนวทางเดินของข้อมูลแสงเพียงแนวเดียวเท่านั้น ทำให้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของคอร์เล็กลงมากเหลือประมาณ 5-10 ไมครอนเท่านั้น ดังรูปที่ 2.4(ค)



รูปที่ 2.4 เส้นใยแสงชนิดต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เกรดเค็ดอินเด็กซ์ (graded index) เป็นเส้นใยแสงที่มีค่าดัชนีหักเหของคอร์เปลี่ยนแปลงไปตามแนวรัศมีของมัน โดยที่ตำแหน่งแนวศูนย์กลางของเส้นจะมีค่าดัชนีหักเหสูงสุดจากนั้นค่าดัชนีการหักเหจะค่อย ๆ ลดลงไปตามระยะที่ห่างออกจากแนวศูนย์กลางตามลำดับจนมีค่าเท่ากับค่าดัชนีของแคลคดิงในตำแหน่งที่คอร์ต่อกับแคลคดิง ลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีการหักเหของคอร์นี้ขึ้นกับสมการทางคณิตศาสตร์ที่ออกแบบ เช่น เป็นลักษณะคชิ่งกลม หรือ พาราโบล่า แนวทางเดินของแสงในเส้นใยแสงแบบนี้ จะมีลักษณะเป็นเส้นโค้งดังรูปที่ 2.4(ข) ทั้งนี้เป็นผลมาจากค่าหักเหดัชนีที่เปลี่ยนแปลงไปจากแนวเส้นผ่าศูนย์กลาง

### คุณสมบัติพิเศษของเส้นใยแสง

ระบบสื่อสารด้วยเส้นใยแสงมีหลักการทำงานคล้ายกับระบบสายเคเบิลที่ใช้กันมานานแล้ว เพียงแต่ในส่วนที่เป็นตัวนำสัญญาณข้อมูลด้วยสายเคเบิลถูกเปลี่ยนให้เป็น ระบบของเส้นใยแสงแทน แต่หากเปรียบเทียบระบบทั้งสองเส้นใยแสงมีข้อได้เปรียบสูงกว่ามาก กล่าวคือ

1. การลดทอนสัญญาณในเส้นใยแสงมีค่าต่ำกว่าในสายเคเบิลมาก ทำให้ใช้สถานี่ทวนสัญญาณน้อยกว่า โดยปกติระบบสื่อสารด้วยเคเบิลจะต้องมีสถานี่ทวนสัญญาณทุก ๆ 3-5 กิโลเมตร ในขณะที่การใช้เส้นใยแสงระยะห่างระหว่างสถานี่ทวนสัญญาณ 50 กิโลเมตรเลยทีเดียว

2. ระบบเส้นใยแสงให้ค่าแบนด์วิดท์ของสัญญาณสูงอย่างมาก ตัวอย่างเช่นในระบบที่ใช้ LED ซึ่งทำจากแกเลเลียมอาร์เซไนด์เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่ให้แสงขนาดความยาวคลื่น 0.66 ไมครอนที่ความถี่  $4.5 \times 10^{14}$  เฮิรซ์ หากกำหนดให้ช่วงแบนด์วิดท์ของการส่งข้อมูลเป็นเพียง 1% ของความถี่สัญญาณแสง จะทำให้แบนด์วิดท์มีความกว้างถึง 4,500 กิกะเฮิรซ์

3. ขนาดของเส้นใยแสงมีขนาดเล็กกว่าสายเคเบิลมากทั้ง ๆ ที่สามารถส่งข้อมูลขนาดเดียวกัน สายเคเบิลขนาดพเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้วครึ่ง ที่ประกอบสายส่งสัญญาณจำนวน 320 เส้นสามารถแทนด้วยเส้นใยแสงที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 125 ไมครอน เพียง 5 เส้นเท่านั้น

4. เส้นใยแสงมีน้ำหนักเบากว่าสายเคเบิลมาก ประกอบกับข้อดีในเรื่องขนาดในข้อ 3 ทำให้ระบบการติดตั้ง และซ่อมแซมเส้นใยแสงทำได้สะดวกกว่า

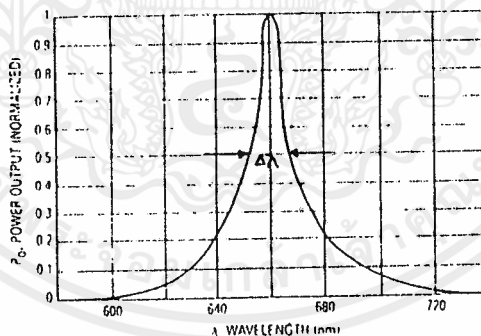
5. การใช้เส้นใยแสงช่วยตัดปัญหาสัญญาณรบกวนอันเนื่องมาจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ได้โดยเด็ดขาด ทั้งนี้เพราะใช้สัญญาณแสงล้วน ๆ เป็นตัวนำข้อมูลโดยไม่มีสัญญาณไฟฟ้ามาเกี่ยวข้องเลยทำให้สัญญาณการรับข้อมูลมีการคลาดเคลื่อนน้อยกว่า

6. ไม่มีผลกระทบจากสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ และน้ำ

## แหล่งกำเนิดแสง (Optical Sources)

แหล่งกำเนิดแสงที่ใช้ในเส้นใยแสงจำเป็นต้องมีคุณสมบัติดังนี้

1. สามารถให้แสงที่มีพลังงานหรือความเข้มแสงมากพอที่จะส่งสัญญาณหรือเดินทางไปตามตลอดระยะทางของการสื่อสารได้
2. โครงสร้างของแหล่งกำเนิดแสงต้องสามารถส่งพลังงานแสงส่วนใหญ่หรือทั้งหมดเข้าไปในเส้นใยแสงที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดเล็กได้ นั่นคือมุมของการเกิดแสงจากแหล่งกำเนิดต้องเป็นมุมแคบๆและมีทิศทางที่แน่นอน ในกรณีที่แสงจากแหล่งกำเนิดแสงมีลักษณะกระจายเป็นมุมกว้าง สามารถใช้อุปกรณ์คัปปลิงแสง เช่น เลนส์นูน เข้ามาช่วยเพื่อรวมแสงส่วนใหญ่พุ่งเข้าสู่เส้นใยแสงได้
3. ความยาวคลื่นของแสงที่ได้ต้องเหมาะสมกับเส้นใยแสงที่ใช้ ซึ่งในการสื่อสารเส้นใยแสง ความยาวคลื่นที่เหมาะสมกับเส้นใยแสงมากที่สุดมีค่าประมาณ 1.55 ไมครอน รองลงมาได้แก่ 1.33 ไมครอนและ 0.85 ไมครอน
4. ไลน์วิดท์ (line width) เป็นช่วงความยาวคลื่นของแสง ที่ใช้ทำงานจะต้องมีค่าน้อยๆเพื่อให้สามารถส่งข้อมูลปริมาณมากๆได้



รูปที่ 2.4 แสดงไลน์วิดท์ ( $\Delta\lambda$ ) ของแหล่งกำเนิดแสง

5. ช่วงเวลาตอบสนอง (Response Time) ของแหล่งกำเนิดหรือช่วงเวลาที่แหล่งกำเนิดได้รับสัญญาณไฟฟ้า แล้วสร้างสัญญาณแสงออกมาต้องมีค่าสั้นมากๆ ซึ่งจะมีผลทำให้ได้วงจรไครเวอ์สามารถส่งข้อมูลปริมาณมากๆได้ดี

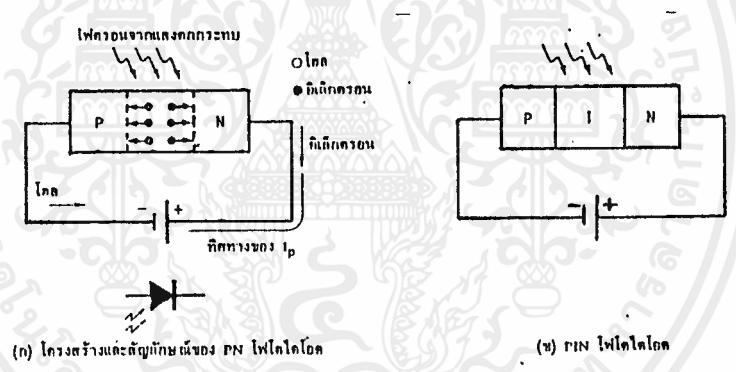
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





แสงจากภายนอกจะทำให้เกิดโฟตอนขึ้นในจุดสัมผัสพาดหรือรอยต่อ P-N เกิดเป็นกระแสรั่วไหลหรือกระแสมืด (Dark Current) โหลดในช่วงนี้ซึ่งกระแสรั่วไหลนี้จะเกิดในสภาพที่มีแรงดันไฟฟ้าในทิศทางกลับ (Reverse Bias) ป้อนให้มีลักษณะพิเศษคือมันจะเพิ่มขึ้นเร็วกว่าการเพิ่มขึ้นของสัญญาณเอาต์พุต เมื่อไบอัสกลับให้แก่ไดโอด บริเวณเขตปลอดพาดจะกว้างขึ้นเป็นผลให้กระแสไหลมากขึ้น ทิศทางการไหลของกระแสเนื่องจากแสงนี้มีทิศทางเดียวกับการไบอัสกลับคือ จะไหลจากขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟเข้าสู่ขั้วแคโทดของไดโอดดังรูปที่ 2.6

การเพิ่มบริเวณเขตปลอดพาดให้กว้างขึ้น นอกจากเพิ่มแรงดันไบอัสกลับของโฟโตไดโอดแล้วอาจทำได้โดยแทรกสารแบบอินทรีนซิก (I) ไว้ระหว่างรอยต่อ P-N ลักษณะเช่นนี้เรียกว่าเป็นโฟโตไดโอดชนิด PIN ดังแสดงในรูปที่ 2.6ข) ซึ่งจะช่วยให้ได้กระแสไหลมากกว่าโฟโตไดโอดแบบธรรมดาเมื่อมีแสงตกกระทบ จากผลของโครงสร้างแบบ PIN ทำให้โฟโตไดโอดชนิดนี้มีโหมดการทำงานได้สองแบบคือ "โหมดโฟโตวอลตาจิก" ซึ่งจะผลิตกระแสเมื่อแสงตกกระทบโดยไม่ต้องการไบอัสเลย และ "โหมดโฟโตคอนดักทีฟ" เป็นการทำงานเมื่อมีการไบอัสกลับให้กับมัน



รูปที่ 2.6 โครงสร้างโฟโตดีเทคเตอร์

โฟโตไดโอดแบบอะวาลานซ์ (APD) อาศัยหลักการทำงานเช่นเดียวกับอะวาลานซ์ไดโอด ทำให้มีกระแสไหลมากกว่าโฟโตไดโอดธรรมดาหลายเท่าแต่ก็มีข้อเสียตรงที่มีความไวต่ออุณหภูมิสูง และเกิดสัญญาณรบกวนมาก การใช้งานโฟโตไดโอดแบบอะวาลานซ์จำเป็นต้องใช้แรงดันไบอัสกลับค่อนข้างสูง (ประมาณ 40-400 โวลต์) แต่ก็ยังเป็นผลดีเพราะทำให้เวลากำตอบสั้นมาก

ในบางครั้งวัสดุที่ใช้ทำ LED อาจเป็นสารประเภท แกลเลียมอาร์เซไนด์ฟอสเฟส (GaAsP) แกลเลียมฟอสเฟส (GaP) อะลูมิเนียมแกลเลียมอาร์เซไนด์ (AlGaAs) หรืออินเดียมแกลเลียมอาร์เซไนด์ฟอสเฟส (InGaAsP) ก็ได้เพื่อเปลี่ยนแปลงขนาดความยาวคลื่นแสงให้ได้ตามต้องการ

แสงที่ปล่อยออกมาจาก LED ในช่วงรอยต่อระหว่าง P-N (Active Layer) จะมีลักษณะกระจัดกระจาย และทำมุมค่อนข้างกว้างทำให้แสงที่ปล่อยออกมามีประสิทธิภาพต่ำ การแก้ไขทำได้โดยปรับปรุงโครงสร้างของสาร ให้มีการกำหนดขอบเขตการเปล่งแสงเพื่อให้แสงมีการรวมตัวออกมาในทิศทางเดียวกันดังรูป 2.5 ลักษณะของแสงที่เปล่งออกมามีพื้นที่ภาคตัดขวางเป็นรูปวงรี โดยมีมุมกระจายแสงในแนวตั้งเล็กกว่ามุมกระจายในแนวนอน

### อุปกรณ์รับสัญญาณแสง (Optical Receiver)

วงจรรีโฟโตดีเทคเตอร์ (Photodetector) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เปลี่ยนสัญญาณแสง ให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า คุณสมบัติที่สำคัญของอุปกรณ์รับแสงในระบบสื่อสารมีดังนี้

- 1) ต้องมีความไวในการรับแสง (Sensitivity) ได้ดี (เป็นระดับแสงต่ำสุดที่ต้องการสำหรับส่งที่มีคุณภาพ) เนื่องจากการส่งสัญญาณแสงจะใช้ช่วงความยาวคลื่นแสงในช่วงเฉพาะ ดังนั้นหากแสงอื่นที่มีความยาวคลื่นไม่เกี่ยวข้องมาตกกระทบพร้อมกัน ย่อมทำให้ข้อมูลมีการผิดพลาดได้
- 2) เวลาในการตอบสนองสัญญาณต้องสั้นมาก กล่าวคือ เมื่อแสงตกกระทบอุปกรณ์รับแสงจะต้องเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าด้วยเวลาที่สั้นที่สุด เพื่อที่ว่าข้อมูลจำนวนมากสามารถได้รับส่งด้วยความเร็วสูงได้
- 3) ในระบบสื่อสารแบบอะนาล็อกต้องใช้อุปกรณ์รับแสงชนิดลิเนียร์ เพื่อลดการผิดเพี้ยนของสัญญาณ (Distortion) ลงให้น้อยที่สุด
- 4) สัญญาณรบกวนภายใน อันเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมจะต้องมีค่าน้อยที่สุด

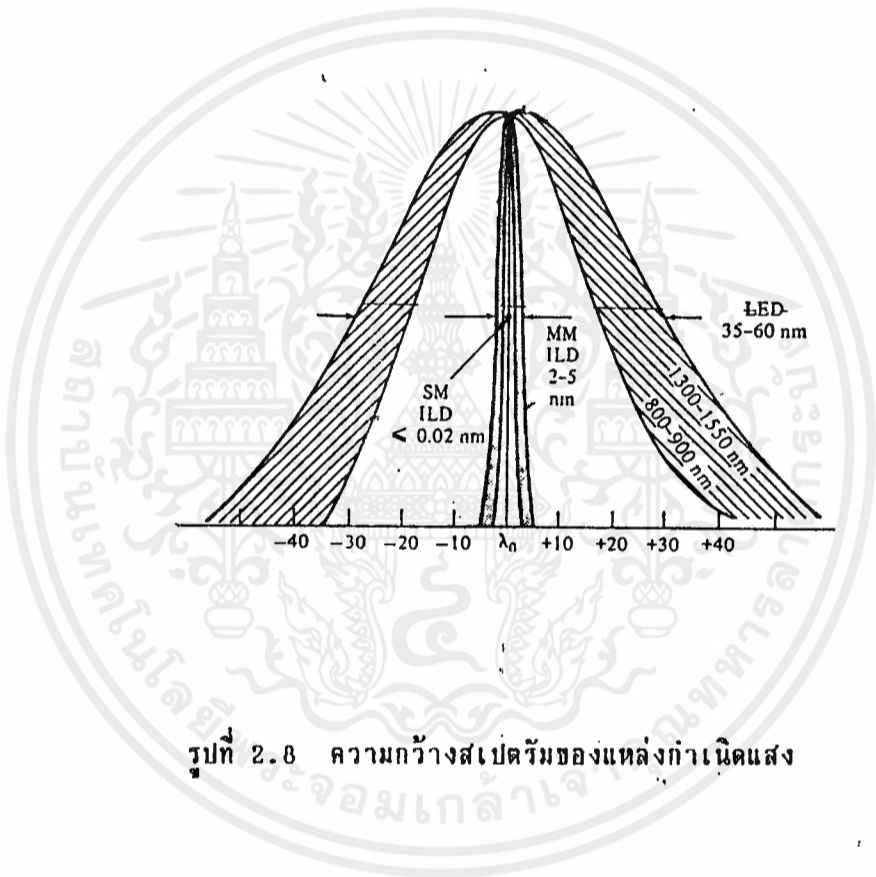
อุปกรณ์รับแสงที่ใช้โดยทั่วไปมีหลายชนิด สำหรับในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะโฟโตไดโอด (PD) ดังแสดงในรูปที่ 2.6

**คุณสมบัติของความยาวคลื่นแหล่งกำเนิดแสง**

แหล่งกำเนิดแสงมีคุณสมบัติสเปกตรัมที่กำหนดโดยความยาวคลื่นศูนย์กลาง, ความกว้างสเปกตรัม และจำนวนสเปกตรัมโหมด หรือ ไลน์(line) ในกรณีที่เป็น เลเซอร์

คุณสมบัติสเปกตรัมของแหล่งกำเนิดแสงที่สำคัญสำหรับการออกแบบ

1. อุปกรณ์แหล่งกำเนิดแสงต้องมีความยาวคลื่นแม่นยำกับคุณสมบัติทางความไวของโฟโตดีเทคเตอร์
2. ความยาวคลื่น, ความกว้างของสเปกตรัม ต้องแม่นยำกับคุณสมบัติของความยาวคลื่นของอุปกรณ์คัปเปิลเลอร์ และฟิลเตอร์(filter) ที่เลือกมาใช้ร่วมกัน
3. ช่วงความยาวคลื่นที่ถูกกลทอนโดยเส้นใยแสง
4. ความยาวคลื่น และความกว้างสเปกตรัมที่เกิดการดีสเพอร์ชันของวัสดุที่ใช้ผลิตเส้นใยแสง



รูปที่ 2.8 ความกว้างสเปกตรัมของแหล่งกำเนิดแสง

สัญญา	สัญญา	ดีเทคเตอร์
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวชนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ ภาครับ		

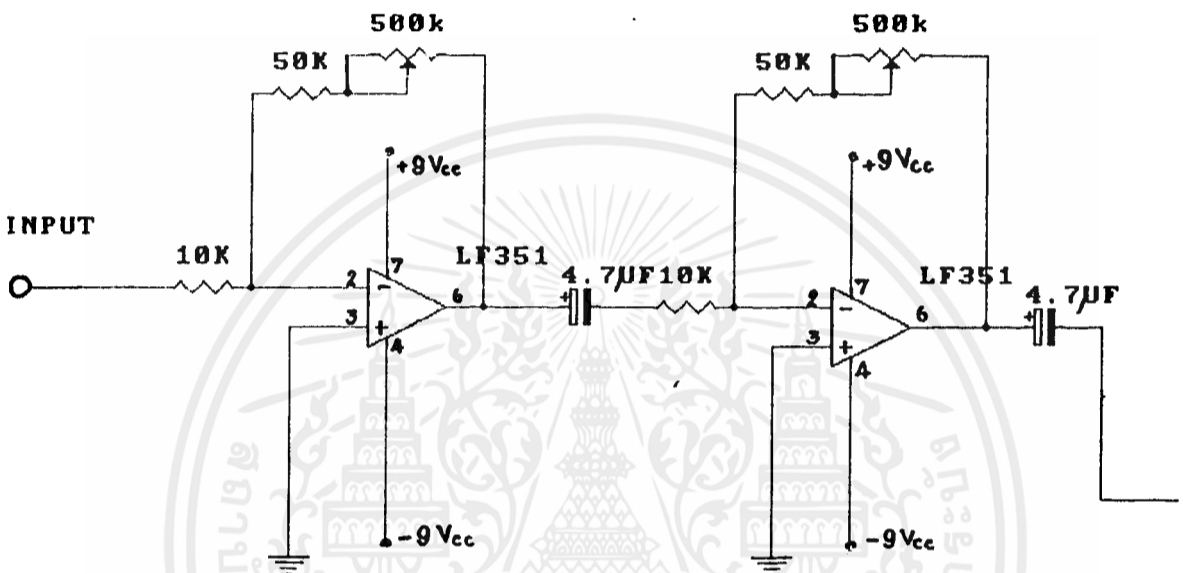
รูปที่ 3.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมภาคส่งและภาครับ

### 3.1 หลักการทำงานของวงจรภาคส่ง

#### 3.1.1 วงจรขยายสัญญาณ

เนื่องจากสัญญาณเสียงเข้ามามีระดับสัญญาณที่ต่ำจึงต้องทำการขยายสัญญาณก่อนและทำการควบคุมอัตราขยาย (Gain) ให้มีขนาดเหมาะสมก่อนที่จะเข้าวงจรขับ LED สำหรับวงจรขยายสัญญาณที่ใช้ใช้ขยายแบบ 2 สเตจทั้งนี้เพราะว่าเราสามารถปรับอัตราขยายให้มีขนาดตามต้องการได้ง่ายและยังได้อัตราขยายที่สูงกว่าแบบสเตจเดียวอีกด้วย

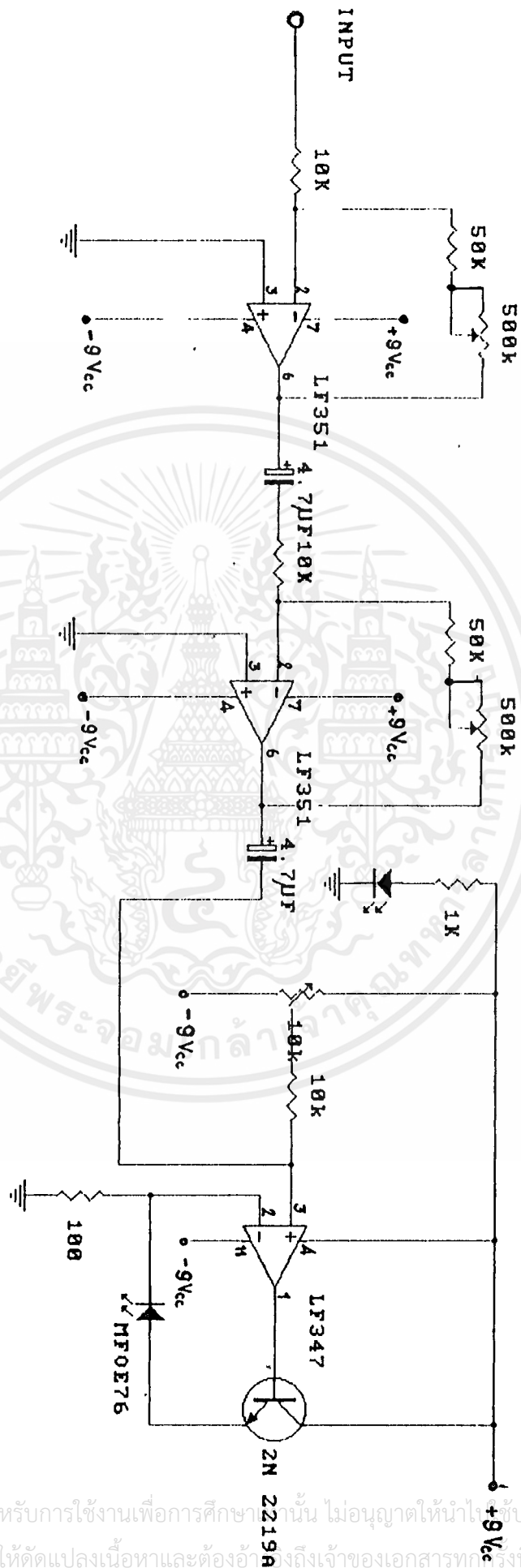
ในส่วนของวงจรมอนอปที่ใช้เป็นไอซีเบอร์ LF 351 ซึ่งเป็น Wide Bandwidth JFET Input Operation Amplifier โดยวงจรขยายสัญญาณแสดงดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 วงจรขยายสัญญาณแบบสองสเตจ

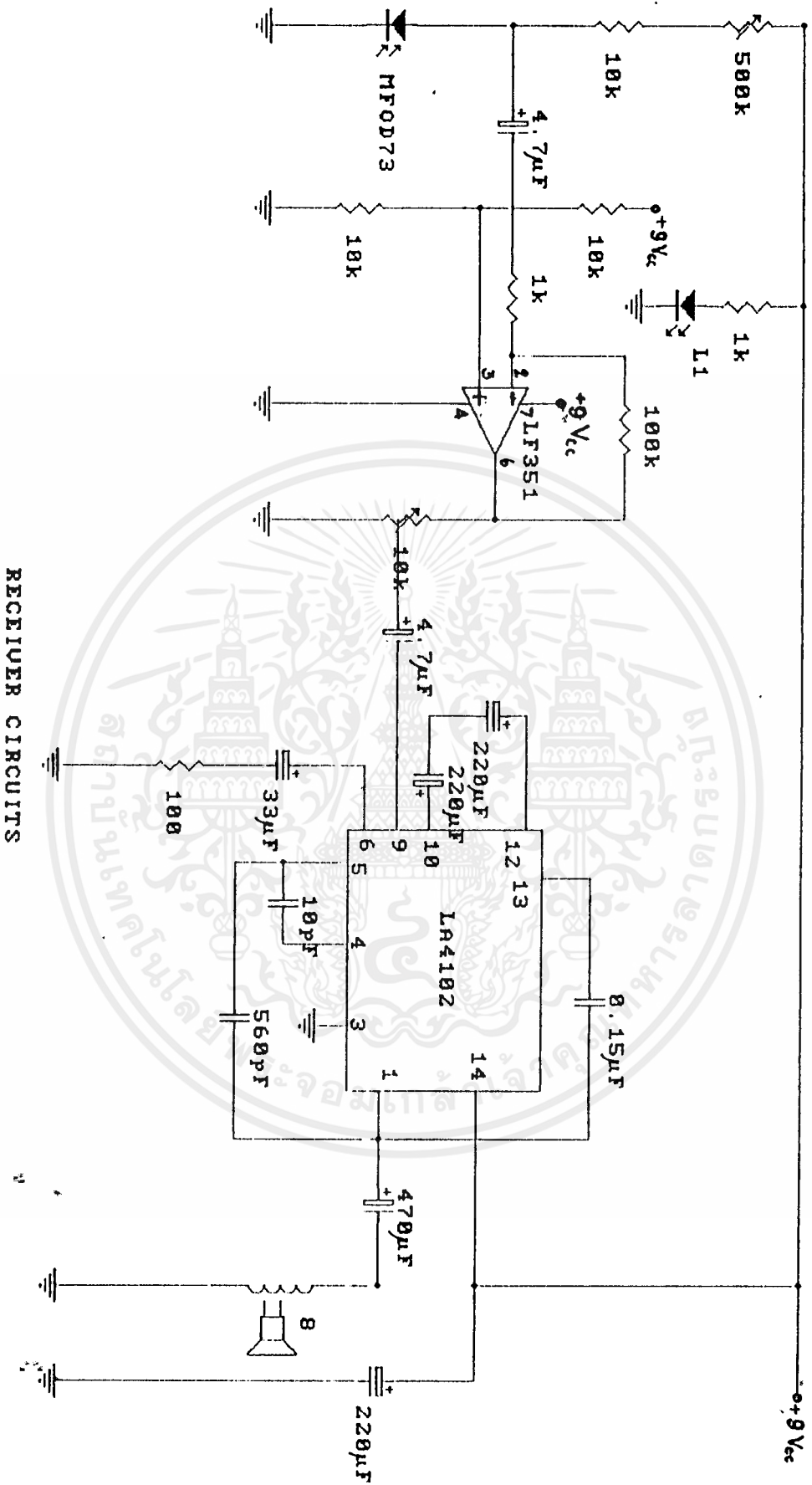
#### 3.1.2 วงจรขับ LED (Driver Circuits)

วงจรขับ LED เป็นส่วนสำคัญที่จะช่วยให้ LED ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเนื่องจาก LED มีคุณสมบัติเชิงเส้น (Linear) ในการเปล่งแสงตามค่ากระแสไบอัสตรง ซึ่งเหมาะกับการสื่อสารในระบบอนาล็อก สำหรับวงจรขับ LED ที่ใช้นี้เป็นแบบป้อนสัญญาณกลับในวงจรทำให้วงจรมีเสถียรภาพมากยิ่งขึ้น โดยเราสามารถปรับตัวต้านทาน (VR2) เพื่อกำหนดขนาดกระแสไบอัสให้กับวงจรได้ตามต้องการ



TRANSMITTER CIRCUITS

Title		: TRANSMITTER CIRCUIT	
Size	Number	Revision	
A4			
Date:	20-MAR 1993	Sheet	of
File:	A:VDAN/1	Drawn	By:



RECEIVER CIRCUITS

Title		Revision	
RECEIVER CIRCUITS			
Size	Number	Sheet	Revision
A4		1	1
Date: 21-MAR 1993	Drawn By:		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

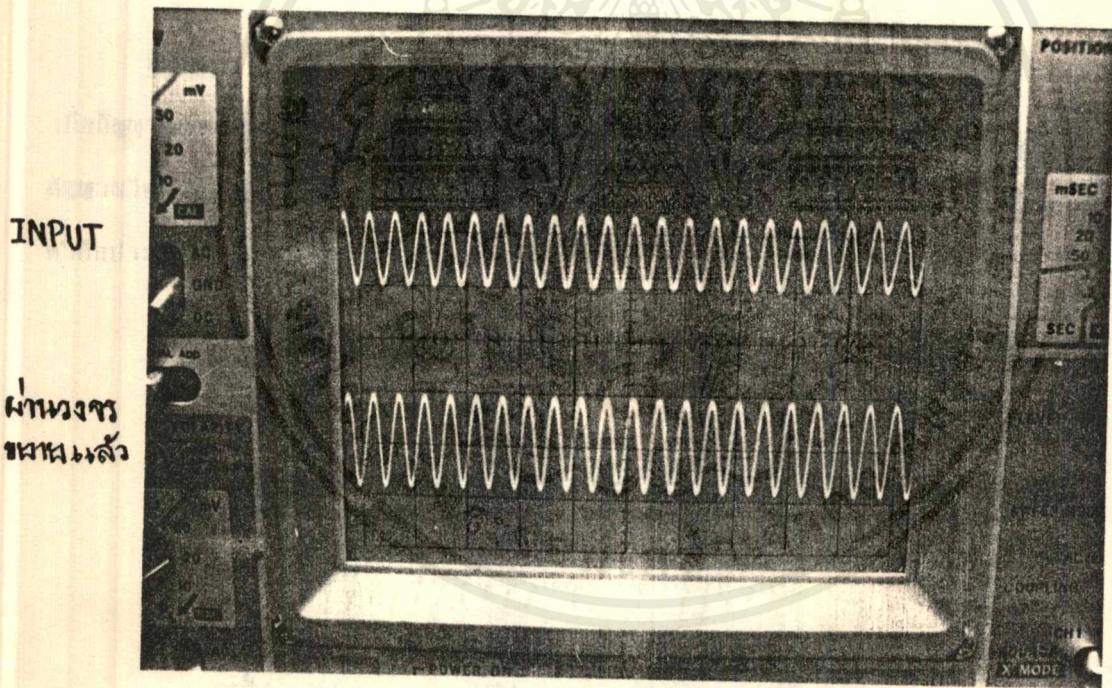
บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

ในการทดลองนี้ใช้เส้นใยแสงที่มีขนาดความยาว 10 เมตร 2 เส้นและมีภาคส่งและภาครับในตัวสามารถพูดโต้ตอบกันได้

ที่ภาคส่ง

จากการทดสอบโดยป้อนสัญญาณอินพุตที่มีความถี่ย่านเสียงคนพูดคือช่วง 300-3400 Hz ที่มีระดับสัญญาณเท่ากับ 20 mV วงจรรขยายสัญญาณสดแรกจะควบคุมอัตราขยายให้เหมาะสมก่อนเมื่อผ่านวงจรรขยายสัญญาณสดที่สองระดับสัญญาณจะถูกขยายเพิ่มขึ้นประมาณ 25 เท่า



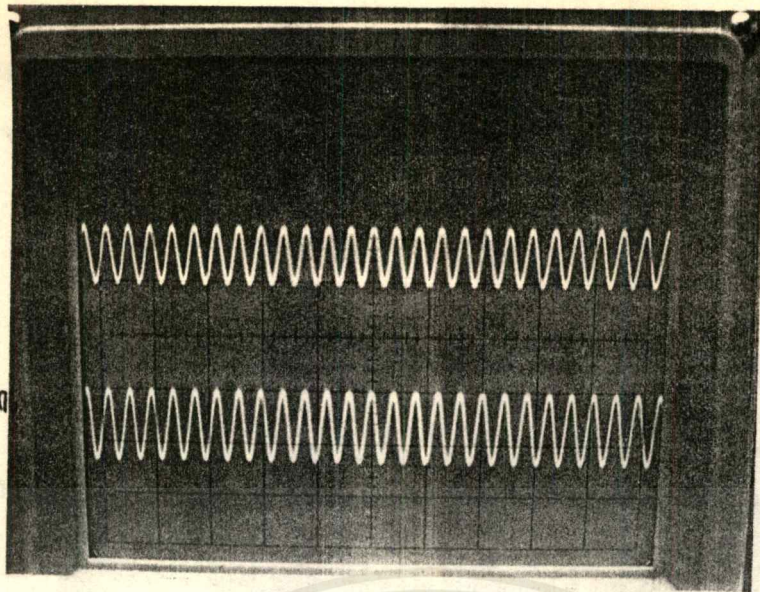
รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบระดับสัญญาณอินพุตกับระดับสัญญาณเมื่อผ่านวงจรรขยายสดที่สองแล้ว

เมื่อได้ระดับสัญญาณที่เหมาะสมแล้วสัญญาณจะเข้าไปขับ LED ให้เปล่งแสงทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดกระแสไบอัสในวงจร ซึ่งควบคุมได้โดยปรับตัวต้านทาน ( $VR_2$ ) เพื่อให้ได้ขนาดกระแสไบอัสที่เหมาะสม เสียงที่ได้อินจึงจะชัดเจนที่สุด ในส่วนของวงจรรับ LED นี้ใช้ทรานซิสเตอร์เป็นตัวไดร์กระแสและมีความต้านทาน ( $R_1$ ) ซึ่งใช้ค่าเท่ากับ 100 โอห์มเป็นตัวจำกัดกระแสที่ไหลผ่าน LED อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณ  
อินพุท

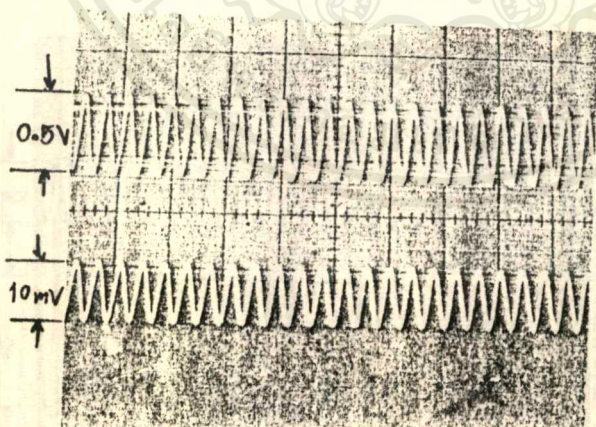
ระดับสัญญาณ  
เมื่อออกจาก  
เครื่องส่ง.



รูปที่ 4.2 ระดับสัญญาณที่วัดได้เมื่อผ่านวงจรขับ LED แล้ว(ก่อนที่จะเข้าเส้นใยแสง) เทียบกับสัญญาณอินพุท

ที่ภาครับ

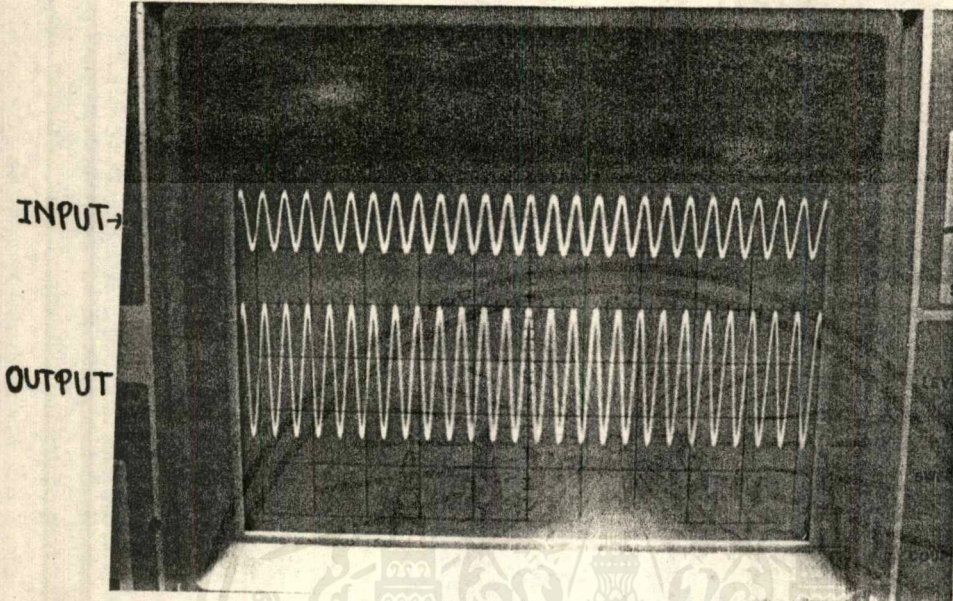
เมื่อสัญญาณแสงถูกส่งไปตาม เส้นใยแสงโฟโตรีโอดจะทำการตี เทคสัญญาณ เปลี่ยนสัญญาณแสงให้เป็น สัญญาณไฟฟ้าซึ่งใช้ MFOD73 ตามสเปครับได้ไกลถึง 180 เมตร ระดับสัญญาณที่วัดได้ที่ภาครับนี้มีค่าต่ำคือประมาณ 10 mV แสดงดังรูป 4.3



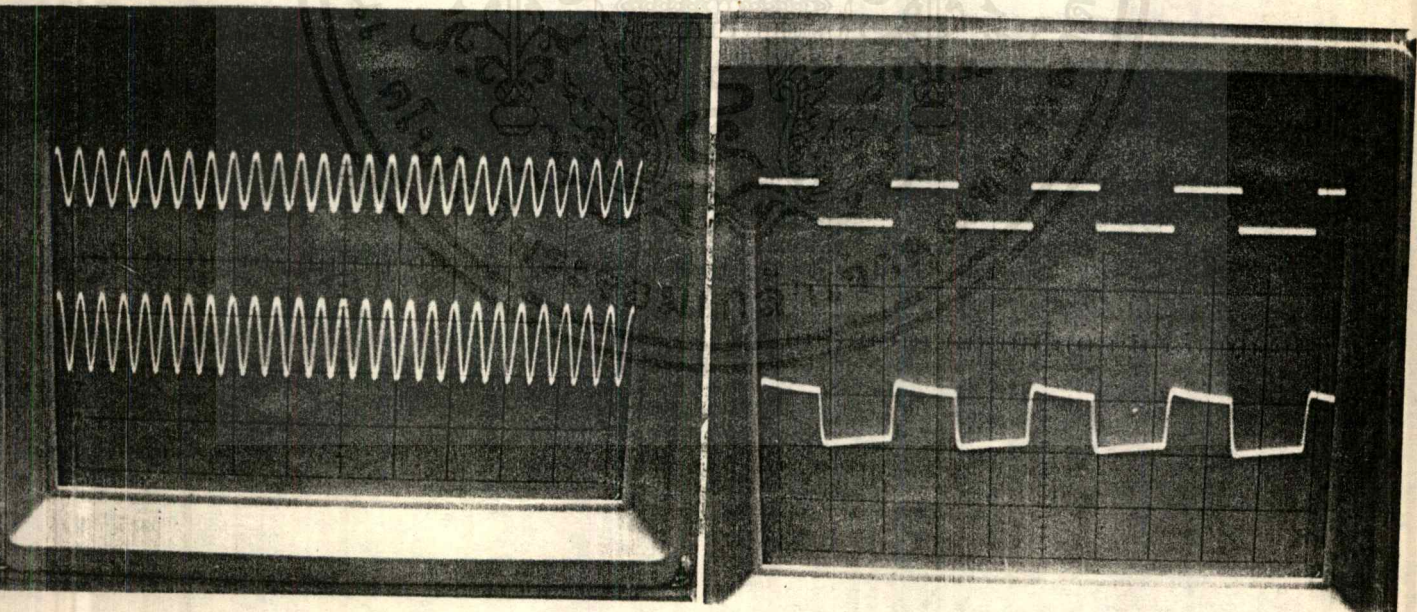
รูปที่ 4.3 เปรียบ เทียบระดับสัญญาณก่อน เข้า เส้นใยแสงและ เมื่อออกจาก เส้นใยแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นว่าระดับสัญญาณที่วัดได้ เมื่อเทียบกับระหว่างภาคส่งและภาครับระดับสัญญาณทางภาครับจะลดลง เนื่องจากการสูญเสีย ที่เกิดขึ้นตรงรอยต่อระหว่าง LED กับ เส้นใยแสงและ เส้นใยแสงกับโฟโตไดโอด จึงต้องทำการขยายสัญญาณก่อน



รูปที่ 4.6 เปรียบเทียบระดับสัญญาณกับทุกกับระดับสัญญาณด้าน เอาว์พุท



รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบสัญญาณระหว่างอินพุทและ เอาพุทของสัญญาณ ชายน์เวฟ, สแควร์

เวฟ,

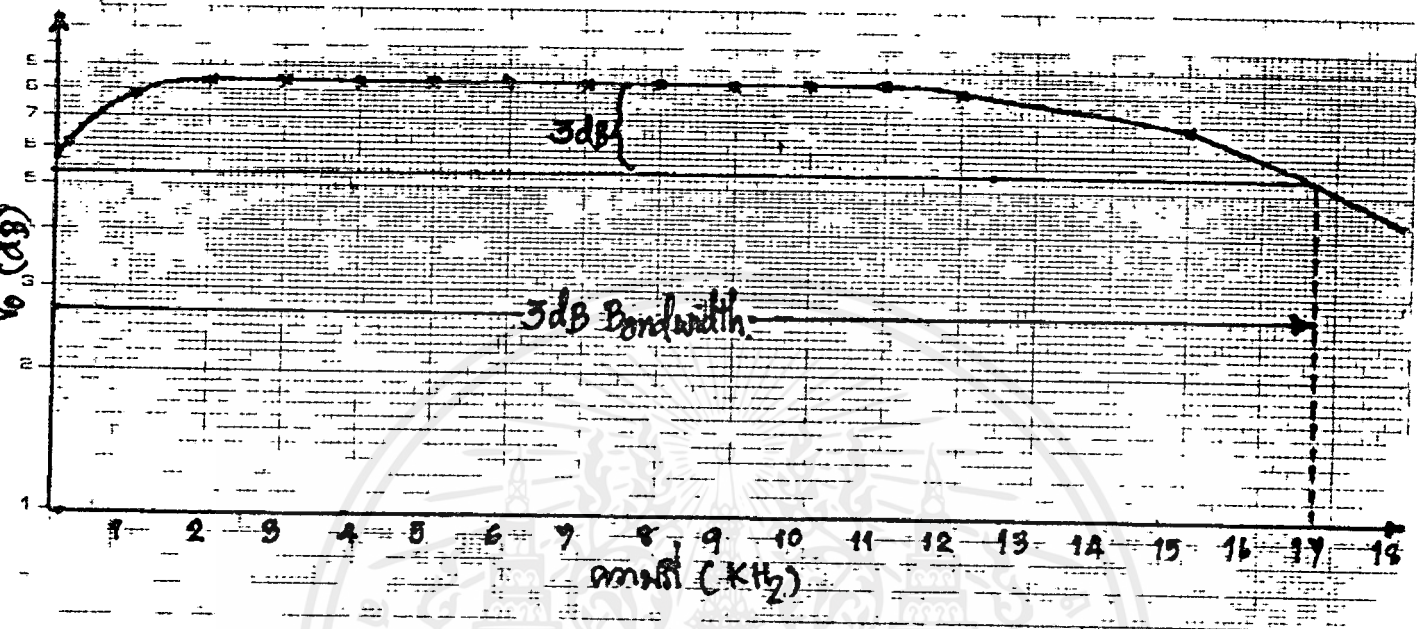
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบการตอบสนองความถี่ (frequency respond) ของวงจรภาคส่งและรับ

ทดสอบช่วงการตอบสนองความถี่ของวงจร โดยให้สัญญาณอินพุตคงที่ 20 มิลลิโวลต์ แล้ววัดค่าเอาต์พุต (โวลต์) ที่ความถี่ต่างๆ ได้ผลดังตาราง

ความถี่ ( $f_c$ )	$v_o$ (โวลต์)	$v_o$ (dB)
200	2.00	6.02
300	2.15	6.65
400	2.20	6.85
500	2.25	7.04
600	2.30	7.23
700	2.35	7.42
800	2.40	7.60
900	2.45	7.78
1000	2.50	7.95
2000	2.60	8.30
3000	2.60	8.30
4000	2.60	8.30
5000	2.60	8.30
6000	2.60	8.30
7000	2.60	8.30
8000	2.60	8.30
9000	2.60	8.30
10000	2.60	8.30
12000	2.51	8.00
15000	2.20	6.85
20000	1.85	5.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ แสดงกราฟของการทดสอบการตอบสนองความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลองและวิจารณ์

#### สรุปผลการทดลอง

สำหรับโครงงานนี้เป็นการสื่อสาร เส้นใยแสงที่ส่งสัญญาณในระบบอนาล็อกที่มี เครื่องรับส่งภายใน ตัวสามารถพูดโต้ตอบกันได้ ใช้เส้นใยแสง 2 เส้น เมื่อเราป้อนสัญญาณอินพุตที่เป็นสัญญาณอนาล็อก (เสียงจากวิทยุหรือจากไมโครโฟน) ที่มีระดับสัญญาณไม่เกิน 200 mV ที่เครื่องส่ง จากการทดลอง เราป้อนระดับสัญญาณประมาณ 20 mV สัญญาณเสียงที่รับได้ที่เครื่องรับชัดเจน เส้นใยแสงที่เรา ใช้ในโครงงานนี้เป็นแบบพลาสติกที่มีการลดทอนที่ความถี่ 660 นาโนเมตร 300 ๕๘/Km ซึ่งมีราคาถูก หาซื้อง่ายและสามารถต่อเข้ากับคอนเนคเตอร์ของแหล่งกำเนิดแสงและอุปกรณ์รับแสงได้ง่ายอีกด้วย แต่มีข้อเสียตรงที่เส้นใยแสงแบบพลาสติกจะมีการสูญเสียมากกว่าแบบซิลิกา

เส้นใยแสงแบบพลาสติกนี้เหมาะกับการสื่อสารในระบบอนาล็อกที่ใช้รับส่งในระยะทางใกล้ๆ ในที่นี้เราใช้เส้นใยแสงขนาดความยาว 10 เมตรทดสอบก่อนซึ่งก็สามารถรับส่งสัญญาณได้ชัดเจน แต่จากการที่มีข้อจำกัดที่ความยาวเส้นใยแสงที่ใช้ในการทดลองจึงไม่สามารถทดลองโดยใช้เส้นใยแสงที่มีความยาวที่สุดที่เครื่องรับยังสามารถรับสัญญาณได้ชัดเจนซึ่งระยะที่รับส่งได้แท้จริงควรจะมากกว่า 10 เมตร

สำหรับแนวทางในการพัฒนาต่อไปนั้น สามารถนำไปประยุกต์ใช้ส่งในระบบดิจิทัลโดยใช้ เลเซอร์ ไดโอด (LD) เป็นแหล่งกำเนิดแสงแทน LED เนื่องจาก LD มีกำลังส่งที่สูงกว่า LED มากทำให้สามารถส่งสัญญาณได้ในระยะทางไกลๆ และใช้เส้นใยแสงที่มีความยาวมากขึ้น

#### วิจารณ์การทดลอง

ปัญหาที่พบสำหรับการทดลองในระยะแรกนั้น เนื่องจากขาดแคลนเครื่องมือในการทำทดลอง ตลอดจนสถานที่ทำการทดลองและอุปกรณ์สำหรับโครงงานนี้ ทำให้การทดลองในแต่ละส่วนยุ่งยาก และต้องใช้เวลามาก ต่อมาเมื่อได้สถานที่ทำการทดลองและอุปกรณ์สำหรับทดลอง ก็ทำให้โครงงานนี้ดำเนินไปอย่างสะดวกและรวดเร็ว

จากการทดลองทำให้ทราบถึงปัญหา ข้อเสียที่เกิดขึ้นสรุปได้ดังนี้

1. ตรงรอยต่อระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับ เส้นใยแสงและอุปกรณ์รับแสงกับ เส้นใยแสง การต่อเชื่อมอาจจะยังไม่ดีทำให้เกิดการสูญเสียที่รับสัญญาณได้ไม่เต็มที่ เนื่องจากอุปกรณ์คัปเปิลอร์ไม่สามารถรวมแสง เข้าไปใน เส้นใยแสงได้หมดทำให้แสงส่วนหนึ่งเกิดการกระจายและสะท้อนกลับ ตรงรอยต่ออุปกรณ์แสงและ เส้นใยแสง

2. ไมโครโฟนที่ใช้คุณภาพยังไม่ดี ทว่าที่ต้องพูดในระยะที่ใกล้ๆกับไมโครโฟน เสียงที่รับได้จึงจะดังชัดเจน



## กิตติกรรมประกาศ

ปริิฎฎานินพนธ์ฉบับนี้กว่าจะสำเร็จได้ก็ค้ดองขอขอบค้ดท่าน อาจารย์ อภินันท์ มัฒยานนท์ ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านค่าใช้จ่ายและให้ค่าปริิฎฎา และขอขอบค้ดท่านอาจารย์ สมยศ จุฑปิยะ ที่ให้ใช้ห้องท้การทดลองตลอดจนเครื่องมือและอุปกรณ์ รวมทั้งให้คำแนะนำในการท้ปริิฎฎานินพนธ์สำเร็จลุล่วงไปค้ด้วยค้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

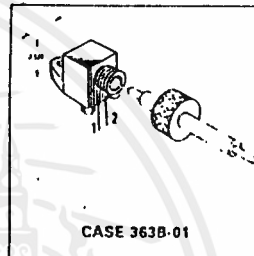
## Fiber Optics — FLCS Family Visible Red LED

**MFOE76**

**FLCS FAMILY  
 FIBER OPTICS  
 VISIBLE RED  
 LED  
 660 nm**

This device is designed for low cost, medium frequency, fiber optic systems using 1000 micron core plastic fiber. It is compatible with Motorola's wide variety of detector functions from the MFOD70 series. The MFOE76 employs gallium aluminum technology, and comes pre-assembled into the convenient and popular FLCS connector.

- Low Cost
- Vary Simple Fiber Termination and Connection. See Figure 9
- Convenient Printed Circuit Mounting
- Integral Molded Lens for Efficient Coupling
- Mates with 1000 Micron Core Plastic Fiber, such as Eska SH4001



### MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Reverse Voltage	$V_R$	5	Volts
Forward Current — Continuous	$I_F$	60	mA
Forward Current — Peak Pulse	$I_F$	1	A
Total Power Dissipation <sup>(1)</sup> $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above $35^\circ\text{C}$	$P_D$	132 2	mW mW/°C
Ambient Operating Temperature Range	$T_A$	-40 to +100	°C
Storage Temperature	$T_{stg}$	-40 to +100	°C
Lead Soldering Temperature (2)	—	260	°C

Notes: 1. Measured with device soldered into a typical printed circuit board.  
 2. 5 seconds max; 1.16 Inch from case.

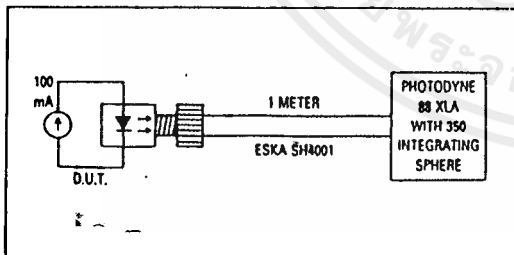


Figure 1. Power Launched Test Setup

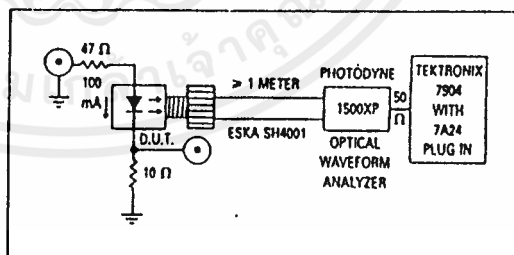


Figure 2. Optical Turn-On and Turn-Off Test Setup

# MFOE76

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

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Reverse Leakage Current ( $V_R = 3\text{ V}$ )	$I_R$	—	100	—	nA
Reverse Leakage Current ( $V_R = 5\text{ V}$ )	$I_R$	—	10	100	$\mu\text{A}$
Forward Voltage ( $I_F = 60\text{ mA}$ )	$V_F$	—	1.8	2.2	V
Temperature Coefficient of Forward Voltage	$\Delta V_F$	—	-2.2	—	mV/K
Capacitance ( $f = 1\text{ MHz}$ )	C	—	50	—	pF

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

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Peak Wavelength ( $I_F = 60\text{ mA}$ )	$\lambda_p$	—	660	—	nm
Instantaneous Power Launched ( $I_F = 100\text{ mA}$ , Figure 1)	$P_L$	200	540	—	$\mu\text{W}$
Optical Turn-On Time (Figure 2)	$t_{on}$	—	200	—	ns
Optical Turn-Off Time (Figure 2)	$t_{off}$	—	150	—	ns
Half-Power Electrical Bandwidth (1)	BWe	—	6	—	MHz

(1)  $I_F = 100\text{ mA}$  pk-pk, 100% modulation

## TYPICAL CHARACTERISTICS

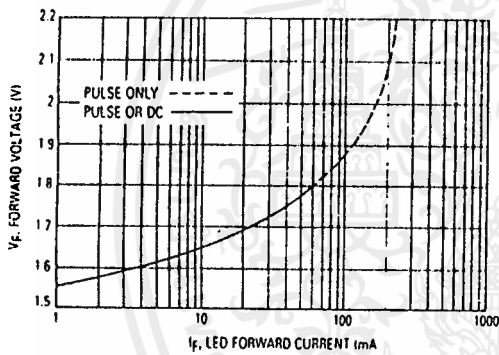


Figure 3. Forward Voltage versus Forward Current

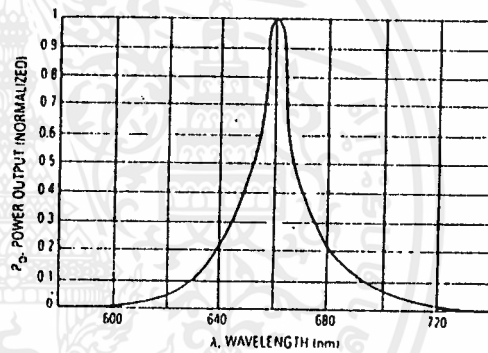


Figure 4. Relative Spectral Output

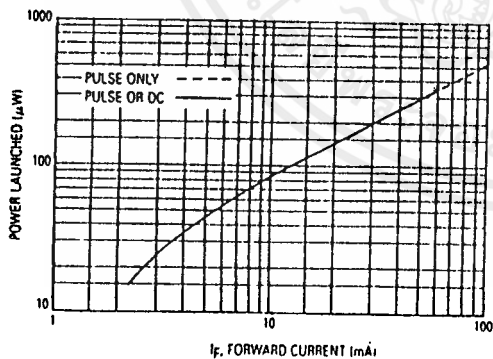


Figure 5. Power Launched versus LED Forward Current

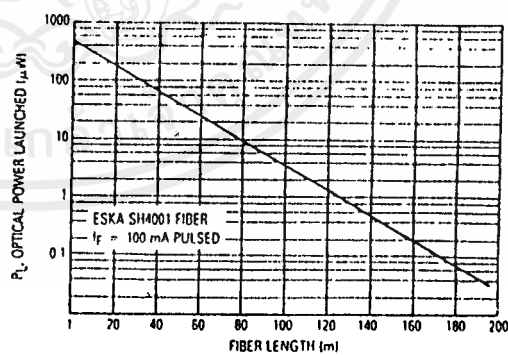


Figure 6. Power Launched versus Fiber Length

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

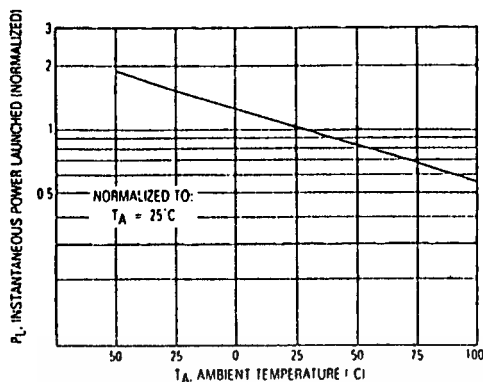


Figure 7. Instantaneous Power Output versus Ambient Temperature

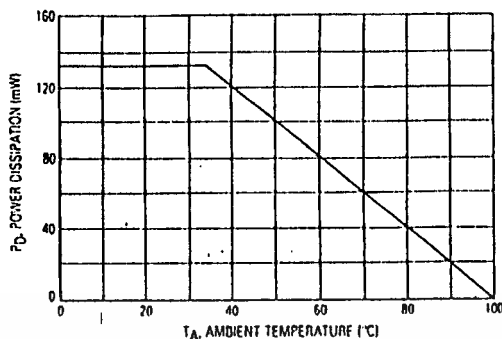


Figure 8. Power Dissipation

The system length achieved with a MFOE76 emitter and various detectors, using 1000 micron core plastic fiber (Eska SH4001 or equivalent), depends on the LED forward

current ( $I_f$ ) and the responsivity of the detector chosen. Each detector will perform with the MFOE76 up to the distances shown below.

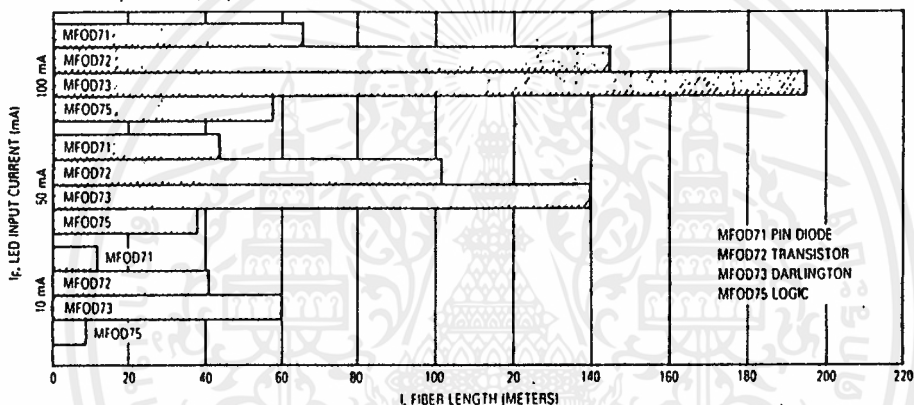


Figure 9. MFOE76 Working Distances

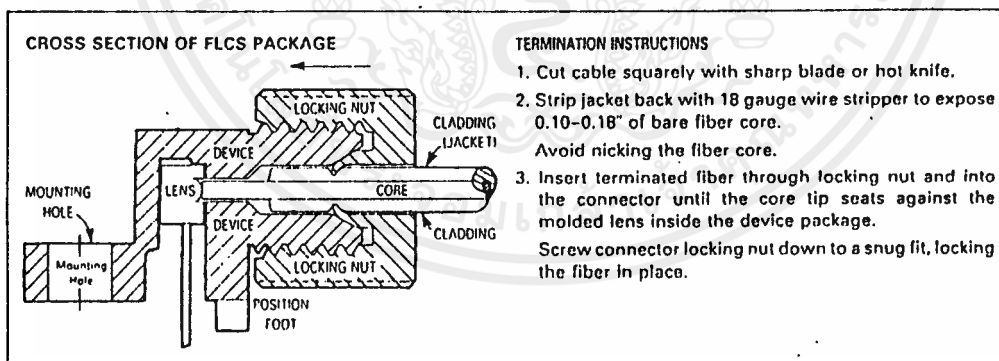
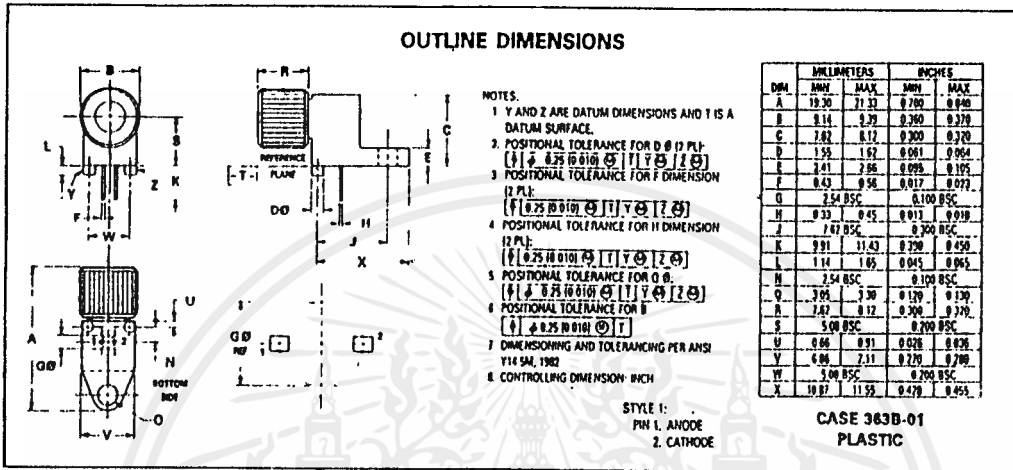


Figure 10. FO Cable Termination and Assembly

# MFOE76



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Fiber Optics — FLCS Family Photo Detector Darlington Output

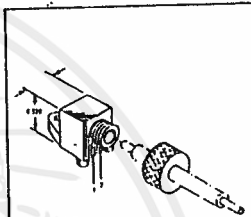
**MFOD73**

**FLCS FAMILY  
 FIBER OPTICS  
 PHOTO DETECTOR  
 DARLINGTON OUTPUT**

... designed for low cost, short distance Fiber Optic Systems using 1000 micron core plastic fiber.

Typical applications include: high isolation interconnects, disposable medical electronics, consumer products, and microprocessor controlled systems such as coin operated machines, copy machines, electronic games, industrial clothes dryers, etc.

- High Sensitivity Photodarlington Output
- Ideally Matched to MFOE76 Emitter for Plastic Fiber Systems
- Annular Passivated Structure for Stability and Reliability
- FLCS Package
  - Includes Connector
  - Simple Fiber Termination and Connection (Figure 4)
  - Easy Board Mounting
  - Molded Lens for Efficient Coupling
  - Mates with 1000 Micron Core Plastic Fiber (Eska SH4001)



CASE 383B-01  
 PLASTIC

**MAXIMUM RATINGS** ( $T_A = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted)

Rating	Symbol	Value	Unit
Collector-Emitter Voltage	$V_{CEO}$	60	Volts
Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above $25^\circ\text{C}$	$P_D$	150 2	mW mW/°C
Operating and Storage Junction Temperature Range	$T_J, T_{stg}$	-40 to +100	°C

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

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Collector Dark Current ( $V_{CE} = 10\text{ V}$ )	$I_D$	—	—	100	nA
Collector-Emitter Breakdown Voltage ( $I_C = 10\text{ mA}$ )	$V_{(BR)CEO}$	60	—	—	Volts

**OPTICAL CHARACTERISTICS**

Responsivity ( $V_{CC} = 5\text{ V}$ , Figure 2)	R	1,000	1,500	—	$\mu\text{A}/\mu\text{W}$
Saturation Voltage ( $\lambda = 850\text{ nm}$ , $V_{CC} = 5\text{ V}$ ) ( $P_{in} = 1\text{ }\mu\text{W}$ , $I_C = 2\text{ mA}$ )	$V_{CE(sat)}$	—	0.75	1	Volts
Turn-On Time $R_L = 100\text{ }\Omega$ , $P_{in} = 1\text{ }\mu\text{W}$ , $\lambda = 850\text{ nm}$ , $V_{CC} = 5\text{ V}$	$t_{on}$	—	125	—	$\mu\text{s}$
	$t_{off}$	—	150	—	$\mu\text{s}$

## MFOD73

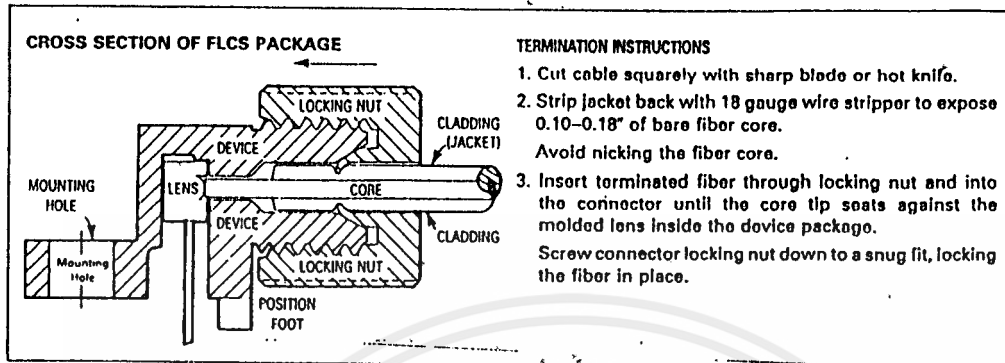


Figure 5. FO Cable Termination and Assembly

### INPUT SIGNAL CONDITIONING

The following circuits are suggested to provide the desired forward current through the emitter.

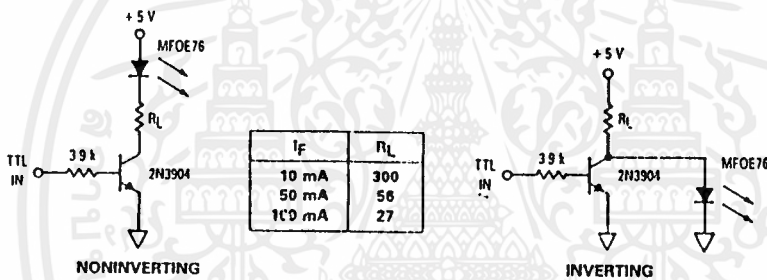


Figure 6. TTL Transmitters

### OUTPUT SIGNAL CONDITIONING

The following circuit is suggested to take the FLCS detector output and condition it to drive TTL with an acceptable bit error rate.

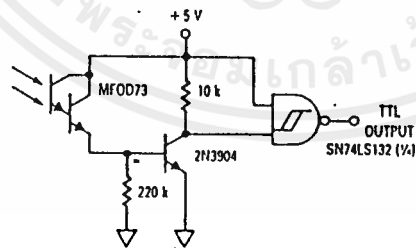
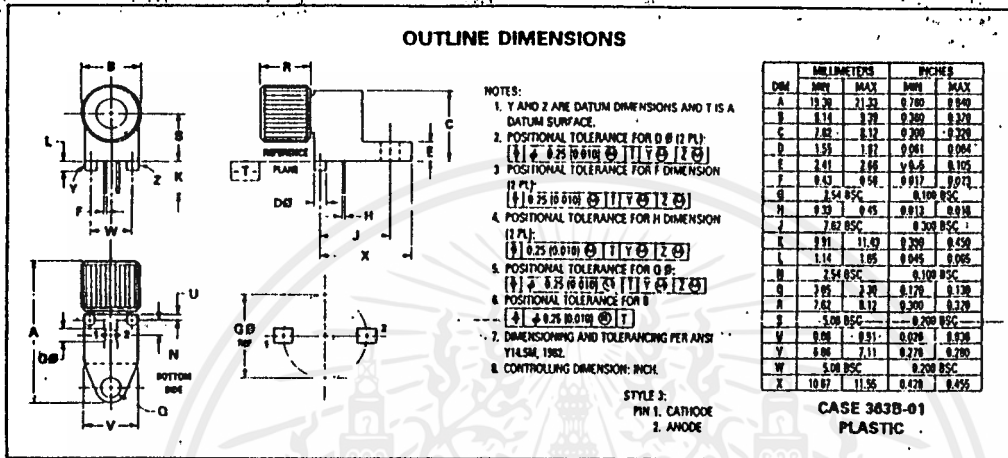


Figure 7. 1 kHz Darlington Receiver

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# MFOD73



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Fiber Optics — FLCS Family Photo Detector Diode Output

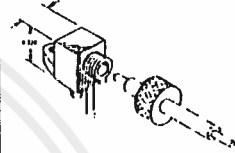
... designed for low cost, short distance Fiber Optic Systems using 1000 micron core plastic fiber.

Typical applications include: high isolation interconnects, disposable medical electronics, consumer products, and microprocessor controlled systems such as coin operated machines, copy machines, electronic games, industrial clothes dryers, etc.

- Fast PIN Photodiode: Response Time < 5 ns
- Ideally Matched to MFOE76 Emitter for Plastic Fiber Systems
- Annular Passivated Structure for Stability and Reliability
- FLCS Package
  - Includes Connector
  - Simple Fiber Termination and Connection (Figure 4)
  - Easy Board Mounting
  - Molded Lens for Efficient Coupling
  - Mates with 1000 Micron Core Plastic Fiber (Eska SH4001)

**MFOD71**

**FLCS FAMILY  
 FIBER OPTICS  
 PHOTO DETECTOR  
 DIODE OUTPUT**



CASE 363B-01  
 PLASTIC

**MAXIMUM RATINGS** ( $T_A = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted)

Rating	Symbol	Value	Unit
Reverse Voltage	MFOD71 $V_R$	100	Volts
Total Power Dissipation ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above $25^\circ\text{C}$ )	$P_D$	150 2	mW mW/°C
Operating and Storage Junction Temperature Range	$T_J, T_{stg}$	-40 to +100	°C

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

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Dark Current ( $V_R = 20\text{ V}, R_L = 1\text{ M}\Omega, T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_A = 85^\circ\text{C}$ )	$I_D$	—	0.06 10	10 —	nA
Reverse Breakdown Voltage ( $I_R = 10\ \mu\text{A}$ )	$V_{(BR)R}$	50	100	—	Volts
Forward Voltage ( $I_F = 50\text{ mA}$ )	$V_F$	—	—	1.1	Volts
Series Resistance ( $I_F = 50\text{ mA}$ )	$R_s$	—	8	—	Ohms
Total Capacitance ( $V_R = 20\text{ V}, f = 1\text{ MHz}$ )	$C_T$	—	3	—	pF

**OPTICAL CHARACTERISTICS** ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ )

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Responsivity ( $V_R = 5\text{ V}$ , Figure 2)	$R$	0.15	0.2	—	$\mu\text{A}/\mu\text{W}$
Response Time ( $V_R = 5\text{ V}, R_L = 50\ \Omega$ )	$t_{(resp)}$	—	5	—	ns

# MFOD71

## TYPICAL COUPLED CHARACTERISTICS

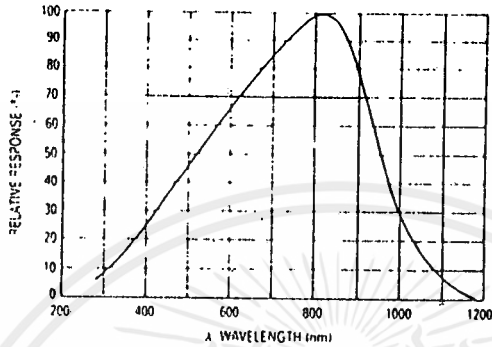


Figure 1 Relative Spectral Response

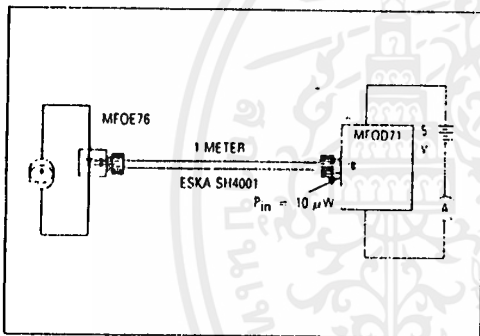


Figure 2. Responsivity Test Configuration

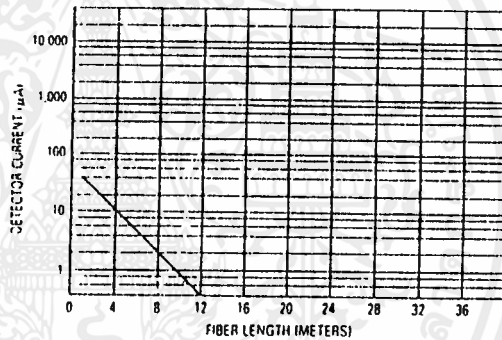


Figure 3. Detector Current versus Fiber Length

The system length achieved with a MFOE76 emitter and various detectors, using 1000 micron core plastic fiber (Eska SH4001 or equivalent), depends on the LED forward

current ( $I_f$ ) and the responsivity of the detector chosen. Each detector will perform with the MFOE76 up to the distances shown below.

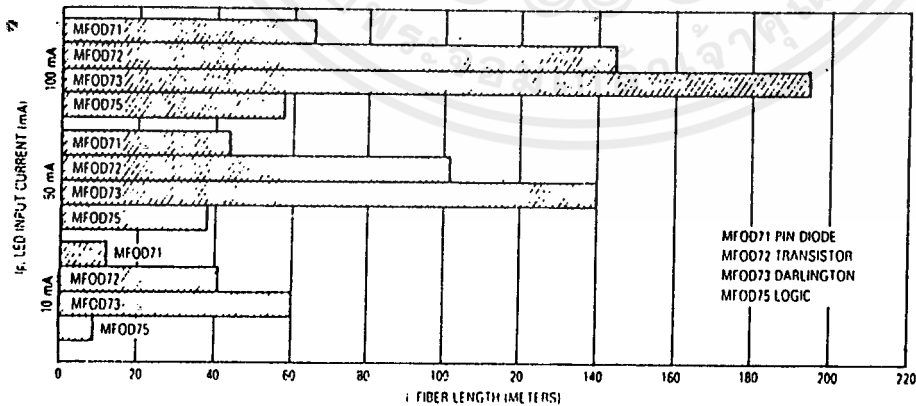


Figure 4. MFOE76 Working Distances

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# MFOD71

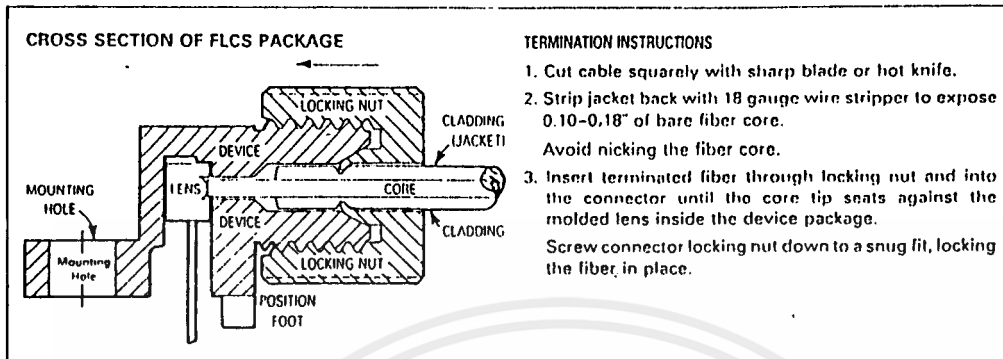


Figure 5. FO Cable Termination and Assembly

## INPUT SIGNAL CONDITIONING

The following circuits are suggested to provide the desired forward current through the emitter.

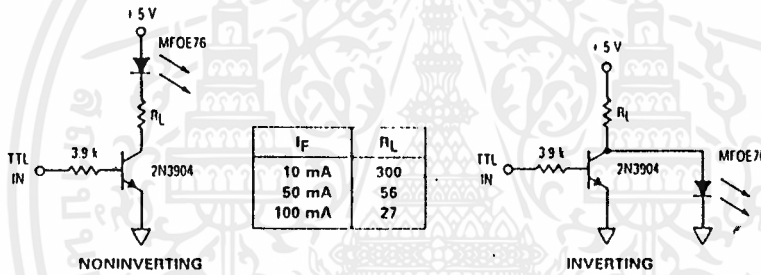


Figure 6. TTL Transmitters

## OUTPUT SIGNAL CONDITIONING

The following circuit is suggested to take the MFOD71 detector output and condition it to drive TTL with an acceptable bit error rate.

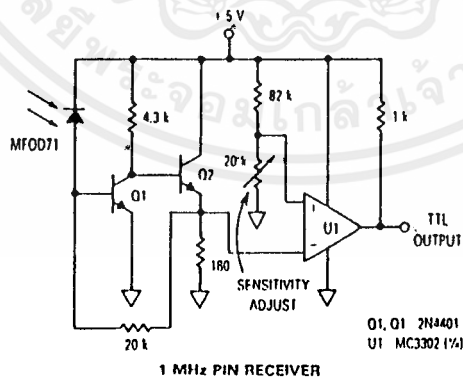
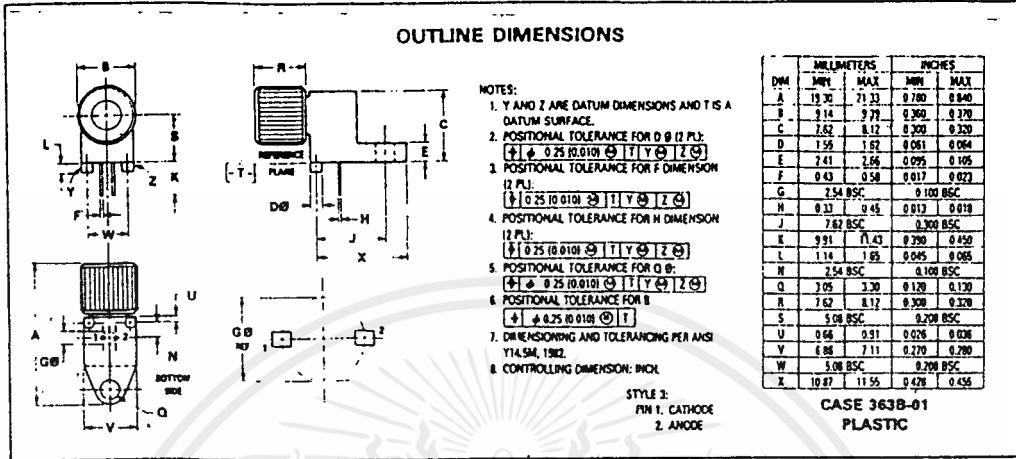


Figure 7. TTL Receiver

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# MFOD71



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. Harold B. Killen, " Fiber Optic Communication ", Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1991
2. C>P Sanbank, " Optical Fiber Communication System ", John Willev & Sons Inc., 1980
3. Robert J.Hoss, "Fiber Optic Communication Design Handbook New Jersv, 1990
4. ผศ. อภิวัฒน์ มีขยานนท์, " การสื่อสารเส้นใยแสง ", คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
5. อธิคม ถกษบุตร, " ระบบสื่อสารด้วยใยแสง ", เขมิกอนคัคเตอร์ อีเลคทรอนิคนิคส์, เล่มที่ 119, สิงหาคม 2535

**ORDERING INFORMATION**

Op Amp Function	Device	Package
Single	LF351D	SO-8
Single	LF351N	Plastic DIP
Dual	LF353D	SO-8
Dual	LF353N	Plastic DIP
Quac	LF347D	SO-14
Quad	LF347N	Plastic DIP
Quad	LF347N	Plastic DIP

**JFET INPUT OPERATIONAL AMPLIFIERS**

These low-cost JFET input operational amplifiers combine two state-of-the-art linear technologies on a single monolithic integrated circuit. Each internally compensated operational amplifier has well matched high voltage JFET input devices for low input offset voltage. The BIFET technology provides wide bandwidths and fast slew rates with low input bias currents, input offset currents, and supply currents.

These devices are available in single, dual and quad operational amplifiers which are pin-compatible with the industry standard MC1741, MC1458, and the MC3403 LM324 bipolar devices.

- Input Offset Voltage of 5.0 mV Max (LF347B)
- Low Input Bias Current: - 50 pA
- Low Input Noise Voltage - 16 nV /  $\sqrt{\text{Hz}}$
- Wide Gain Bandwidth - 4.0 MHz
- High Slew Rate - 13 V /  $\mu\text{s}$
- Low Supply Current - 1.8 mA per Amplifier
- High Input Impedance -  $10^{12} \Omega$
- High Common-Mode and Supply Voltage Rejection Ratios - 100 dB

**MAXIMUM RATINGS**

Rating	Symbol	Value	Unit
Supply Voltage	V <sub>CC</sub> V <sub>EE</sub>	- 18 - 18	V
Differential Input Voltage	V <sub>ID</sub>	$\pm 30$	V
Input Voltage Range (Note 1)	V <sub>IDR</sub>	$\pm 15$	V
Output Short Circuit Duration (Note 2)	t <sub>SC</sub>	Continuous	
Power Dissipation at T <sub>A</sub> = - 25°C	P <sub>D</sub>	900	mW
Derate above T <sub>A</sub> = - 25°C	1 $\mu\text{JA}$	10	mW/°C
Operating Ambient Temperature Range	T <sub>A</sub>	0 to - 70	°C
Operating Junction Temperature Range	T <sub>J</sub>	115	°C
Storage Temperature Range	T <sub>stg</sub>	- 65 to - 150	°C

**NOTES:**

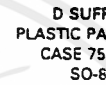
1. Unless otherwise specified, the absolute maximum negative input voltage is limited to the negative power supply.
2. Any amplifier output can be shorted to ground indefinitely. However, if more than one amplifier output is shorted simultaneously, maximum junction temperature ratings may be exceeded.

**LF347  
LF351  
LF353**

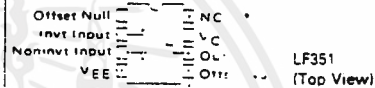
**FAMILY OF BIFET OPERATIONAL AMPLIFIERS SILICON MONOLITHIC INTEGRATED CIRCUITS**



**N SUFFIX PLASTIC PACKAGE CASE 626-04 (LF351, LF353 only)**



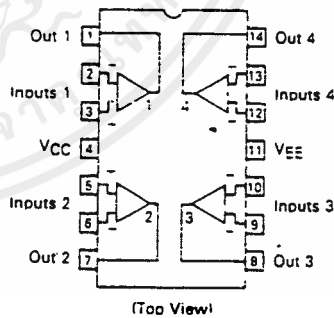
**D SUFFIX PLASTIC PACKAGE CASE 751-01 SO-8 (LF351, LF353 Only)**



**N SUFFIX PLASTIC PACKAGE CASE 646-05 (LF347 only)**



**D SUFFIX PLASTIC PACKAGE CASE 751A-01 SO-14**



**NOTES: (continued)**

3. Input bias currents of JFET input op amps approximately double for every 10°C rise in junction temperature. To maintain junction temperatures as close to ambient as is possible, pulse techniques are utilized during test.

# LF347, LF351, LF353

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ( $V_{CC} = -15\text{ V}$ ,  $V_{EE} = -15\text{ V}$ ,  $T_A = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted).

Characteristic	Symbol	LF347B			LF347, LF351, LF353			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage ( $R_S \leq 10\text{ k}\Omega$ , $V_{CM} = 0$ ) $T_A = -25^\circ\text{C}$ $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq -70^\circ\text{C}$	$V_{IO}$	—	1.0	5.0	—	5.0	10	mV
Average Temperature Coefficient of Input Offset Voltage $R_S \leq 10\text{ k}\Omega$ , $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq -70^\circ\text{C}$	$\Delta V_{IO}/\Delta T$	—	10	—	—	10	—	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Input Offset Current ( $V_{CM} = 0$ , Note 3) $T_A = -25^\circ\text{C}$ $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq -70^\circ\text{C}$	$I_{IO}$	—	25	100	—	25	100	$\mu\text{A}$ nA
Input Bias Current ( $V_{CM} = 0$ , Note 3) $T_A = -25^\circ\text{C}$ $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq -70^\circ\text{C}$	$I_{IB}$	—	50	200	—	50	200	$\mu\text{A}$ nA
Input Resistance	$r_i$	—	$10^{12}$	—	—	$10^{12}$	—	$\Omega$
Common Mode Input Voltage Range	$V_{ICR}$	$\pm 11$	-15	—	$\pm 11$	-15	—	V
Large-Signal Voltage Gain ( $V_O = \pm 10\text{ V}$ , $R_L = 2.0\text{ k}\Omega$ ) $T_A = -25^\circ\text{C}$ $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq -70^\circ\text{C}$	$A_{VOL}$	50	100	—	25	100	—	V/mV
Output Voltage Swing ( $R_L = 10\text{ k}\Omega$ )	$V_O$	$\pm 12$	$\pm 14$	—	$\pm 12$	$\pm 14$	—	V
Common Mode Rejection Ratio ( $R_S > 10\text{ k}\Omega$ )	CMRR	30	100	—	70	100	—	dB
Supply Voltage Rejection Ratio ( $R_S \leq 10\text{ k}\Omega$ )	PSRR	80	100	—	70	100	—	dB
Supply Current	$I_D$	—	7.2	11	—	7.2	11	mA
	LF347	—	—	—	—	1.8	3.4	
	LF351	—	—	—	—	3.6	6.5	
	LF353	—	—	—	—	—	—	
Slew Rate ( $A_V = -1$ )	SR	—	13	—	—	13	—	V/ $\mu\text{s}$
Gain-Bandwidth Product	BWp	—	4.0	—	—	4.0	—	MHz
Equivalent Input Noise Voltage ( $R_S = 100\ \Omega$ , $f = 1000\text{ Hz}$ )	$e_n$	—	16	—	—	16	—	nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
Equivalent Input Noise Current ( $f = 1000\text{ Hz}$ )	$i_n$	—	0.01	—	—	0.01	—	pA/ $\sqrt{\text{Hz}}$
Channel Separation (LF347, LF353) $1.0\text{ Hz} \leq f \leq 20\text{ kHz}$ (Input Referred)	—	—	-120	—	—	-120	—	dB

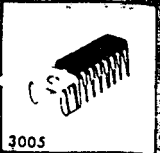
For Typical Characteristic Performance Curves, refer to MC34001/34002/34004 data sheet.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# LA4100 thru 4102

monolithic linear IC

AF POWER AMP FOR RADIO  
TAPE RECORDER



### Features

- AF output power LA4100:1.0W typ / 6V,4ohm. LA4101:1.5W typ / 7.5V,4ohm. LA4102:2.1W typ /9V,4ohm.
- Sufficient regulation under dry battery operation.

### MAXIMUM RATINGS / Ta=25°C

Parameter	Symbol	Value	Unit
Maximum Supply Voltage	V <sub>CCmax</sub>	LA4100	9 V
		LA4101	11 V
		LA4102	13 V
Allowable Power Dissipation	P <sub>d max</sub>		1.2 W
			2.25* W
Operating Temperature	T <sub>opg</sub>	-20 to +70	°C
Storage Temperature	T <sub>stg</sub>	-40 to +150	°C

\* with 50x50 mm<sup>2</sup> printed board for radiator

### RECOMMENDED OPERATION CONDITION / Ta=25°C

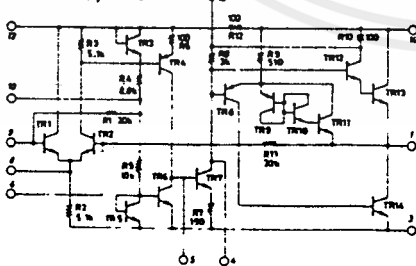
Parameter	Symbol	Value	Unit
Recommended Supply Voltage	V <sub>CC</sub>	LA4100	6 V
		LA4101	7.5 V
		LA4102	9 V
Load Resistance	R <sub>L</sub>	4.8	ohm

### OPERATION CHARACTERISTICS / Ta=25°C, V<sub>CC</sub>=6V(LA4100), 7.5V(LA4101), 9V(LA4102), R<sub>L</sub>=4ohm (R<sub>L</sub>=8ohm), f=1kHz

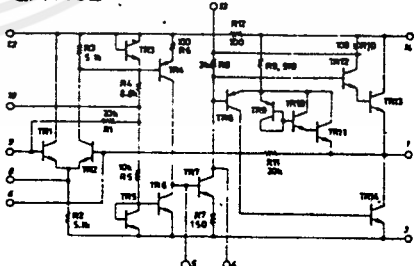
Parameter	Symbol	Condition	min	typ	max	unit
Quiescent Current	I <sub>CCO</sub>			15	25	mA
Voltage Gain	VG	open loop		70		dB
		at appointed circuit	42	45	48	dB
Output Power	P <sub>o</sub>	LA4100, THD=10%	0.65	1.0(0.6)		W
		LA4101, THD=10%	0.95	1.5(0.9)		W
		LA4102, THD=10%	1.3	2.1(1.4)		W
Total Harmonic Distortion	THD	P <sub>o</sub> =250mW		0.5	1.5	%
Input Resistance	r <sub>i</sub>		12k	20k		ohm
Output Noise Voltage	V <sub>NO</sub>	R <sub>g</sub> =10kohm			3	mV
		R <sub>g</sub> =0			1.0	mV

### EQUIVALENT CIRCUIT

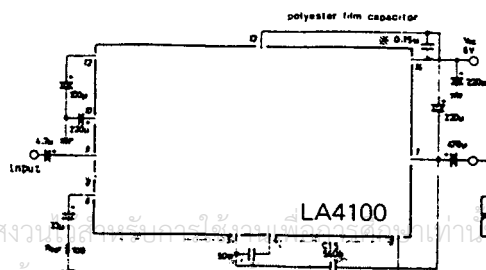
LA4100, 4101



LA4102



APPLICATION: AF Power Amplifier for Radio or Tape Recorder when LA4100 used.



See the operation characteristics on this specification.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และควรใช้เฉพาะภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ESKA<sup>TM</sup> Cables

ไฟเบอร์ออปติกสายนำแสงจาก **MITSUBISHI RAYON**



## SH 4001 ไฟเบอร์ออปติกท่อเดี่ยวใช้กับอุปกรณ์ OPTOELECTRONICS ของ MOTOROLA

สายไฟเบอร์ออปติก SH 4001 ใช้สำหรับเป็นท่อนำแสงเพื่อการรับ-ส่งสัญญาณด้วยแสง โดยที่มีการสูญเสียที่น้อยที่สุด จึงเหมาะเป็นอย่างยิ่งสำหรับงานทางด้านอิเล็กทรอนิกส์, งานควบคุมเครื่องเสียง และอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสามารถใช้กับอุปกรณ์ประเภทออฟโตของไมโครโวลต์ได้ทันที

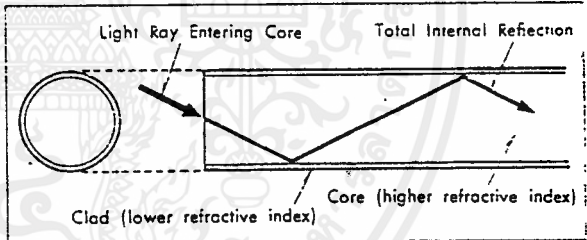
ชนิด	รหัส	จำนวนแกน	ขนาด $\phi$ ของแกน	ขนาด $\phi$ ของท่อดำ	เกรด
Single Fiber Type	SH 4001	1	1.0 mm	2.2 mm $\pm 0.7$	Super ESKA

แกนนำแสงของ SH 4001 มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.0 mm และหุ้มด้วยท่อดำซึ่งทำจากสารโพลีเอทิลีน จึงสามารถทนทานต่อสารเคมีและแรงดึงต่างๆ ได้เป็นอย่างดี และยังป้องกันแสงภายนอกเข้าไปรบกวนสัญญาณภายในแกนได้อีกด้วย

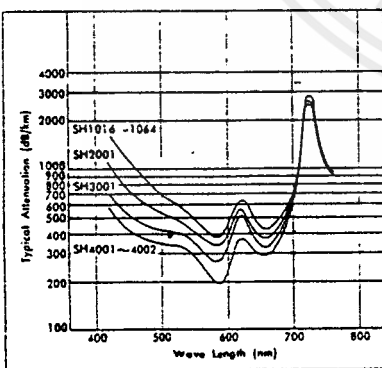
ภาพตัดขวาง



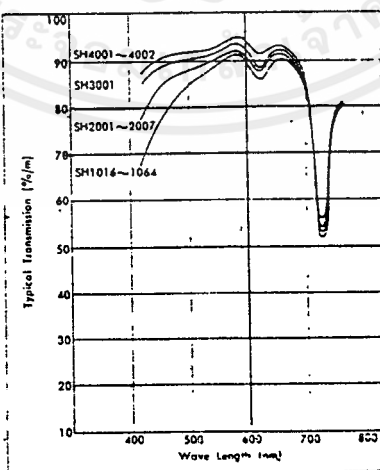
การเดินทางของแสงภายในแกนไฟเบอร์ออปติก



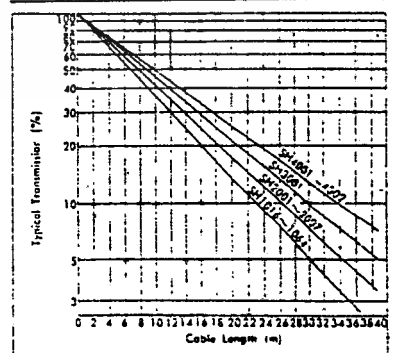
ปริมาณลดทอนของสัญญาณตามความยาวคลื่น



อัตราการลดทอนตามความยาวคลื่น



อัตราการลดทอนตามความยาวทางสาย



ข้อแนะนำ: เพื่อการส่งผ่านสัญญาณที่ดี  
ผิวของแกนไฟเบอร์ออปติกเมื่อตัดแล้ว  
ต้องทำให้เรียบสม่ำเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้