โครงการพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการด้านการสื่อสารทางแสงแบบประหยัด

โดย

ดิสพล ฉ่ำเฉียวกุล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

Copyright © by Rajamangala University of Technology Rattanakosin

All rights reserved

สนับสนุนงบประมาณโดย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

ประจำปีงบประมาณ 2556

A Development of a low-cost laboratory exercises in Optical communications

By

DITSAPON CHUMCHEWKUL

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

Copyright © by Rajamangala University of Technology Rattanakosin

All rights reserved

Granted by

Rajamangala University of Technology Rattanakosin

Fiscal year 2013

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2557 ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ผลงานส่วนหนึ่งที่เกิดขึ้นในงานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากนักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ดิสพล ฉ่ำเฉียวกุล

เมษายน 2557

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

Copyright © by Rajamangala University of Technology Rattanakosin

All rights reserved

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ : Learn 008/2557
ชื่อโครงการ : การพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการด้านการสื่อสารทางแสงแบบประหยัด
ชื่อนักวิจัย : นายดิสพล ฉ่ำเฉียวกุล

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการสื่อสารทางแสงแบบประหยัดสำหรับใช้ประกอบการฝึกภาคปฏิบัติของนักศึกษาระดับปริญญาตรี เป็นการนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารทางแสงที่มีราคาถูกและสามารถจัดซื้อได้ง่ายมาพัฒนาเป็นต้นแบบชุดฝึกปฏิบัติการ ผู้ฝึกสอนสามารถซ่อมแซมชุดฝึกปฏิบัติการได้ด้วยตนเองโดยง่ายและใช้ต้นทุนไม่มากนักเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ชุดฝึกปฏิบัติการที่นำเข้าจากต่างประเทศ ผลการทดสอบการใช้งานโดยนักศึกษาพบว่าชุดฝึกปฏิบัติการนี้สามารถฝึกฝนทักษะด้านการสื่อสารทางแสงแก่นักศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพดังนั้นจึงมีความเหมาะสมในการใช้ในห้องปฏิบัติการสื่อสารทางแสง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
Copyright © by Rajamangala University of Technology Rattanakosin
All rights reserved

คำสำคัญ : การสื่อสารทางแสง ชุดฝึกปฏิบัติการ

E-mail Address : ditsapon.chu@rmutr.ac.th
ระยะเวลาโครงการ : 1 ตุลาคม พ.ศ.2556 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2557

Abstract

Code of Project : Learn 008/2557
Project name : A development of laboratory exercises in telecommunication engineering based on software-defined radio systems
Researcher name : Mr.Ditsapon Chumchewkul

This research is a development of low-cost laboratory exercise in Optical communications. Electronic components are used to create the training exercise. Topics of training exercises can be improved efficiently. The training exercises were evaluated by students and results confirm that these training exercises can be used to improve their skills efficiently. Therefore, it is suitable for using in the class of optical communications.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
Copyright © by Rajamangala University of Technology Rattanakosin
All rights reserved

Keywords : Optical communications, Training exercises

E-mail Address : ditsapon.chu@rmutr.ac.th
Period of Project : 1 October 2013 to 30 September 2014

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญภาพ	ฉ
สารบัญตาราง	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	**1**
1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
2 วัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย	2
3 คำถามการวิจัย	2
4 กรอบแนวคิดการวิจัย	2
5 นิยามศัพท์	3
6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	**4**
1 ประวัติศาสตร์การสื่อสารทางแสง	4
2 พื้นฐานการสื่อสารทางแสง	5
3 ฟิสิกส์ของแสง	5
4 สิ่งประดิษฐ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์	6
5 แหล่งกำเนิดแสง	6
5.1 หลอดไดโอดเปล่งแสง	6
5.2 เลเซอร์ไดโอด	7
6 อุปกรณ์ตรวจจับแสง	7
6.1 โฟโตไดโอด	7
6.2 โฟโตทรานซิสเตอร์	8
7 เส้นใยนำแสง	8
8 การออกแบบวงจรสำหรับการสื่อสารทางแสง	9
8.1 วงจรกำเนิดสัญญาณทางแสง	9
8.2 วงจรตรวจจับสัญญาณทางแสง	10
9 ผลการสำรวจผู้ผลิตอุปกรณ์เกี่ยวกับการสื่อสารทางแสง	11

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
Copyright © by Rajamangala University of Technology Rattanakosin
All rights reserved

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 การพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการเชิงแสงแบบประหยัด 12
1 หลักการออกแบบชุดฝึกปฏิบัติการ 12
2 การออกแบบบอร์ดสำหรับการทดลอง 12
3 โครงสร้างชุดฝึกปฏิบัติการสื่อสารทางแสง 13
4 การทดลองแหล่งกำเนิดแสงและอุปกรณ์ตรวจจับแสง 14
5 การทดสอบคุณสมบัติของเส้นใยนำแสง 16
6 การทดสอบวงจรรับส่งข้อมูล 17
7 การประยุกต์ใช้อุปกรณ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ 18

บทที่ 4 ผลการทดสอบชุดฝึกปฏิบัติการเชิงแสงแบบประหยัด 20
1 ผลการประเมินโดยผู้ใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการ 20
2 การนำเสนอผลงานในการประชุมวิชาการระดับประเทศ 21

บทที่ 5 บทสรุป 22
1 สรุปผลการวิจัย 22
2 อภิปรายผล 22
3 ข้อเสนอแนะ 22

บรรณานุกรม 23

ภาคผนวก ก. บทความวิชาการที่ได้รับการนำเสนอในการประชุมวิชาการ EENET2014 24

ภาคผนวก ข. เอกสารประกอบชุดฝึกปฏิบัติการสื่อสารทางแสง 29

ประวัติผู้วิจัย 69

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
Copyright © by Rajamangala University of Technology Rattanakosin
All rights reserved

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4-1	ผลการประเมินโดยผู้ใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการ	21

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

Copyright © by Rajamangala University of Technology Rattanakosin

All rights reserved

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2-1	โครงสร้างการสื่อสารด้วยเส้นใยนำแสง	5
2-2	สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	6
2-3	หลอดไดโอดเปล่งแสง	7
2-4	หลอดไดโอดเลเซอร์	7
2-5	โฟโตไดโอด	8
2-6	โฟโตทรานซิสเตอร์	8
2-7	เส้นใยนำแสง	9
2-8	วงจรกำเนิดสัญญาณทางแสง	9
2-9	วงจรกำเนิดสัญญาณทางแสง	10
2-10	วงจรตรวจจับสัญญาณทางแสง	10
2-11	ตัวอย่างชุดฝึกปฏิบัติการด้านการสื่อสารทางแสง	11
3-1	โครงสร้างบอร์ดสำหรับใช้ประกอบการทดลอง	13
3-2	ชุดฝึกปฏิบัติการสื่อสารทางแสงแบบประหยัด	13
3-3	โครงสร้างชุดฝึกปฏิบัติการสื่อสารทางแสง	14
3-4	วงจรสำหรับการทดลอง	14
3-5	วงจรสำหรับการทดลองโฟโตทรานซิสเตอร์	15
3-6	การทดสอบคุณสมบัติของแหล่งกำเนิดแสง	16
3-7	การทดสอบค่า Numerical aperture ของเส้นใยนำแสง	17
3-8	วงจรสำหรับการทดลองโฟโตทรานซิสเตอร์	17
3-9	การทดลองวงจรรับส่งข้อมูล	18
3-10	วงจรทดสอบโมดูล IR Receiver	18
3-11	วงจรทดสอบโมดูล Optical Reflector	18
3-12	การทดลองโมดูล Optical Reflector	19
4-1	การประเมินชุดฝึกปฏิบัติการโดยนักศึกษา	20
4-2	การนำเสนอผลงานในการประชุมวิชาการระดับประเทศ	21

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
Copyright © by Rajamangala University of Technology Rattanakosin
All rights reserved

บทที่ 1
บทนำ

1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

การผลิตบัณฑิตให้มีความรู้ความสามารถหรือบัณฑิตนักปฏิบัติเป็นหนึ่งในนโยบายของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ซึ่งมีการดำเนินการในลักษณะต่าง ๆ อย่างต่อเนื่องอาทิ การเพิ่มพูนทักษะของนักศึกษาผ่านระบบสหกิจศึกษา เป็นต้น การฝึกฝนทักษะของนักศึกษาผ่านการเรียนในภาคปฏิบัติในห้องปฏิบัติการของมหาวิทยาลัยก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่มีการดำเนินงาน ปัจจุบันนักศึกษาที่เข้ารับการอบรมในสาขาวิชาต่าง ๆ ได้รับความรู้จากการเข้าเรียนปฏิบัติการต่าง ๆ อย่างต่อเนื่องและส่งผลให้นักศึกษามีทักษะความรู้ความสามารถเพียงพอแก่การทำงานในภาคอุตสาหกรรม ปัจจุบันงานวิจัยบางส่วนให้ความสำคัญแก่การพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการเพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอน ใน พ.ศ. 2556 นักวิจัยจากมหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒได้พัฒนาชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์เรื่องชีวโมเลกุลสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายเพื่อเป็นสื่อสารเรียนรู้ที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ ได้คิดและลงมือปฏิบัติกิจกรรม [1]

สำหรับสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ก็ได้จัดการเรียนการสอนทั้งในภาคทฤษฎีและปฏิบัติในรายวิชาต่าง ๆ ซึ่งหนึ่งในวิชาเหล่านั้นก็คือวิชา TEE4209 การสื่อสารทางแสง (Optical communications) [2,3] และวิชา TEE4210 ปฏิบัติการสื่อสารทางแสง (Optical communication laboratory) เป็นรายวิชาซึ่งถ่ายทอดความรู้ทั้งในภาคทฤษฎีและปฏิบัติด้านการสื่อสารทางแสง การกระจายของคลื่นแสง ชนิดคุณสมบัติและขบวนการผลิตของเส้นใยแก้วนำแสง การประมาณการระบบการเชื่อมต่อ พารามิเตอร์ในการส่งผ่านเส้นใยแก้วนำแสง แหล่งกำเนิดแสงและการตรวจจับสัญญาณแสง การเข้ารหัสการมัลติเพล็กซ์และดีมัลติเพล็กซ์ ระบบการทวนสัญญาณ การประยุกต์ใช้งานคลื่นแสงและอุปกรณ์แสงสำหรับงานสื่อสาร

เนื่องจากศาสตร์ต่าง ๆ ทางด้านการสื่อสารทางแสงมีความสำคัญและได้รับการประยุกต์ใช้งานอย่างแพร่หลาย โครงการวิจัยนี้จึงมีการวิจัยเพื่อพัฒนาต้นแบบชุดฝึกปฏิบัติการสื่อสารทางแสงเพื่อนำมาใช้ประกอบการเรียนการสอนโดยการออกแบบให้ชุดฝึกปฏิบัติการมีต้นทุนสำหรับการพัฒนาไม่มากนัก ผู้ฝึกสอนสามารถซ่อมแซมได้ง่าย และรูปแบบการฝึกปฏิบัติการครอบคลุมพื้นฐานการสื่อสารทางแสง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
Copyright © by Rattanakosin University of Technology
All rights reserved

2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของโครงการวิจัย

2.1 สำรวจข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งประดิษฐ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์

2.2 พัฒนาสื่อและอุปกรณ์ประกอบการสอนวิชาการสื่อสารทางแสงซึ่งครอบคลุมทฤษฎีพื้นฐานของการใช้งานหลอดไดโอดเปล่งแสง อุปกรณ์ตรวจจับแสง และการส่งข้อมูลผ่านเส้นใยนำแสง

2.3 จัดทำเอกสารประกอบการฝึกปฏิบัติการ

3 คำถามการวิจัย

ปัจจุบันมีบริษัทต่าง ๆ ได้จัดเตรียมชุดฝึกปฏิบัติการสื่อสารทางแสงเพื่อรองรับการสอนเทคโนโลยีต่าง ๆ อย่างครบครัน แต่ด้วยที่ชุดฝึกปฏิบัติการส่วนใหญ่มุ่งเน้นที่การฝึกปฏิบัติการทดลองด้านทฤษฎีต่าง ๆ ของการสื่อสารทางแสงแต่ทว่ามิได้ครอบคลุมถึงการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับควบคุมการทำงานของระบบสื่อสารทางแสงดังนั้นหากมีการจัดเตรียมชุดฝึกปฏิบัติการเพิ่มเติมเพื่อให้ความรู้ทางด้านทางออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการสื่อสารทางแสงเพื่อให้นักศึกษามีโอกาสฝึกปฏิบัติโดยตรงก็จะทำให้นักศึกษาสามารถทำความเข้าใจการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารทางแสงได้ดีขึ้นและสามารถนำไปต่อยอดในการทำโครงงานหรือรายวิชาอื่น ๆ ต่อไปได้ อย่างไรก็ตามการจัดซื้ออุปกรณ์สำหรับฝึกปฏิบัติการเพิ่มเติมนั้นจำเป็นต้องใช้งบประมาณในการดำเนินการ โดยส่วนใหญ่แล้วการจัดเตรียมชุดฝึกปฏิบัติการต่าง ๆ มักเป็นการจัดซื้อจากผู้ผลิตจากต่างประเทศซึ่งมีราคาแพง ดังนั้นหากสามารถผลิตชุดฝึกปฏิบัติการบางส่วนเพื่อใช้สอนนักศึกษาได้เองแล้วก็จะสามารถลดต้นทุนในการจัดเตรียมชุดฝึกปฏิบัติการไปได้เป็นอย่างมากและยังสามารถเพิ่มจำนวนชุดฝึกปฏิบัติการให้นักศึกษาได้มีโอกาสฝึกปฏิบัติการด้วยตนเองได้มากขึ้นได้ ทั้งนี้ จากการที่ได้รับโอกาสจากทางมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ในการไปอบรมทางด้าน Industrial Electronics ณ Nanyang Polytechnic สิงคโปร์ใน พ.ศ.2555 ที่ผ่านมาพบว่าการจัดอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ ณ Nanyang Polytechnic มักผลิตและจัดเตรียมเอกสารประกอบการฝึกปฏิบัติการโดยอาจารย์ผู้สอนเพื่อให้สอดคล้องกับการสอนและปรับรูปแบบการฝึกปฏิบัติการตามความต้องการของภาคอุตสาหกรรม ณ ปัจจุบันมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้เพื่อให้นักศึกษาสามารถนำไปใช้ได้จริงในภาคอุตสาหกรรม ในห้องปฏิบัติการแต่ละมีจำนวนชุดฝึกปฏิบัติการขนาดเล็กเป็นจำนวนมากและเพียงพอให้นักศึกษาสามารถใช้ฝึกภาคปฏิบัติได้ 2 คนต่อหนึ่งชุดฝึกปฏิบัติการส่งผลให้การสอนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

4 กรอบแนวคิดการวิจัย

จากสาเหตุดังกล่าว โครงการนี้จึงมีการพัฒนาต้นแบบชุดฝึกปฏิบัติการด้านการสื่อสารทางแสงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนการสอนในรายวิชาการสื่อสารทางแสง เป็นการสำรวจข้อมูลและจัดทำต้นแบบชุดฝึกปฏิบัติการทางด้านสิ่งประดิษฐ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ (Optoelectronic devices) เช่น หลอดไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode) เลเซอร์ไดโอด (Laser diode) และโฟโตไดโอด (Photodiode) เป็นต้น ออกแบบชุดฝึกปฏิบัติการออกแบบวงจรสื่อสารแบบแอนะล็อกและดิจิทัลสำหรับการสื่อสารทางแสงซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับการสื่อสารทางแสงที่นักศึกษา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
Copyright © by Rajamangala University of Technology Rattanakosin
All rights reserved

ควรรู้ การพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการจะมุ่งเน้นที่การนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องและสามารถจัดซื้อได้ง่ายและมีราคาถูกมาใช้ประกอบการฝึกปฏิบัติการเพื่อให้นักศึกษาเกิดความเข้าใจและสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานหรือเรียนรู้เพิ่มเติมด้วยตนเองในภายหลังได้ ด้วยที่ผู้สอนจัดเตรียมชุดฝึกปฏิบัติการเองโดยตรงดังนั้นจึงสามารถปรับรูปแบบการฝึกปฏิบัติการทดลองตามรูปแบบการสอนได้และยังควบคุมต้นทุนการจัดเตรียมชุดฝึกให้มีราคาถูกและสะดวกในการจัดเตรียมได้ ผลงานทั้งหมดตลอดโครงการนี้สามารถนำไปใช้สนับสนุนการเรียนการสอนรายวิชา TEE4209 การสื่อสารทางแสงและ TEE4210 ปฏิบัติการสื่อสารทางแสงได้โดยตรง เพื่อให้เกิดความสะดวกในการสอน โครงการนี้จำกัดเฉพาะการออกแบบชุดฝึกปฏิบัติการสำหรับเส้นใยนำแสงแบบ Polymer Optical Fiber (POF) เท่านั้นเนื่องจากสามารถใช้งานได้ง่ายและมีราคาถูก และการออกแบบชุดฝึกปฏิบัติการจะพยายามออกแบบเพื่อให้มีต้นทุนในการผลิตที่ไม่แพงมากนัก จุดเด่นของต้นแบบชุดฝึกปฏิบัติการทางด้านการสื่อสารทางแสงที่จะพัฒนาขึ้นนั้นคือมีราคาถูกและสะดวกแก่การปรับปรุงหรือซ่อมแซม นักศึกษาสามารถใช้ประกอบการเรียนรู้ได้โดยง่ายและครอบคลุมทฤษฎีพื้นฐานของการสื่อสารทางแสง ทั้งนี้จะมีการทดสอบการทำงานโดยนักศึกษาเพื่อประเมินผลการใช้งานเพื่อนำข้อมูลมาปรับปรุงชุดฝึกปฏิบัติการให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นต่อไป

5 นิยามศัพท์

การสื่อสารทางแสง (Optical communications) คือระบบสื่อสารรูปแบบหนึ่งซึ่งใช้แสงเป็นพาหะสำหรับการสื่อสารระหว่างต้นทางและปลายทาง

อุปกรณ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ (Optoelectronic devices) คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งทำหน้าที่แปลงสัญญาณระหว่างสัญญาณทางแสงและสัญญาณทางไฟฟ้า

แหล่งกำเนิดแสง (Light source) คืออุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่กำเนิดแสงหรือรังสี

อุปกรณ์ตรวจจับแสง (Photodetector) คืออุปกรณ์ซึ่งทำหน้าแปลงแสงให้กลายเป็นไฟฟ้า

แสง (Light) คือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นระหว่าง 400 และ 700 นาโนเมตรที่มนุษย์สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า

6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

6.1 นำไปใช้เป็นประโยชน์แก่การเรียนการสอนรายวิชา TEE4209 การสื่อสารทางแสง และรายวิชาTEE4210 ปฏิบัติการสื่อสารทางแสง ของ สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

6.2 ลดต้นทุนการจัดเตรียมและซ่อมแซมชุดฝึกปฏิบัติการ

6.3 ผลลัพธ์ของการดำเนินงานสามารถนำไปต่อยอดเพื่อสร้างผลงานวิจัยในอนาคตได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
Copyright © by Rajamangala University of Technology Rattanakosin
All rights reserved

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

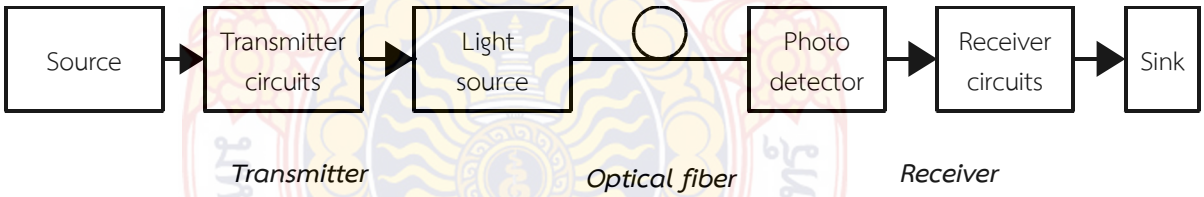
1 ประวัติศาสตร์การสื่อสารทางแสง

การสื่อสารทางแสงคือการสื่อสารรูปแบบหนึ่งซึ่งใช้แสง (Light) เป็นพาหะในการส่งถ่ายข้อมูลระหว่างจุดสองจุด โดยอาจอยู่ในรูปของการสื่อสารผ่านเส้นใยนำแสง (Optical fiber) หรือการสื่อสารผ่านอากาศ (Free space) ก็ได้ ปัจจุบันมีการสื่อสารทางแสงมีบทบาทในชีวิตประจำวันของมนุษย์หลากหลายรูปแบบ เช่น การสื่อสารระหว่างดาวเทียมและสถานีภาคพื้นดินโดยใช้เลเซอร์ การควบคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ด้วยรีโมทอินฟราเรด และการเชื่อมต่อเครือข่ายอินเทอร์เน็ตระหว่างอาคารโดยใช้เส้นใยนำแสง เป็นต้น ในอดีตนั้นมนุษย์ใช้แสงเป็นตัวกลางสำหรับการสื่อสารในลักษณะต่าง ๆ มาเป็นระยะเวลานานพอสมควร เช่น การสื่อสารด้วยควันไฟ พลุสัญญาณ ในยุคก่อนคริสตกาล Aeschylus นักปราชญ์ชาวกรีก ได้ใช้กองไฟเพื่อการสื่อสารระหว่างเมือง Asia Minor และ Argos ในทวีปยุโรปมีการสร้างเครือข่ายการสื่อสารระหว่างเมืองต่าง ๆ ด้วย Shutter telegraph [3] มีการพัฒนา Heliograph เพื่อการส่งข้อมูลรหัสมอร์สด้วยแสงจากดวงอาทิตย์ ในเวลาต่อมานักวิทยาศาสตร์ได้ศึกษาและทดลองปรากฏการณ์ต่าง ๆ ของแสง เช่น การทดสอบการเดินทางของแสงที่สะท้อนไปมาในลำน้ำเล็ก ๆ ที่ไหลออกมาจากรูมีขนาดเล็ก การทดลองส่งแสงผ่านท่อนำแสงซึ่งทำงานโลหะทรงกระบอกที่สามารถสะท้อนแสงได้ ใน ค.ศ.1880 Alexander Graham Bell ผู้คิดประดิษฐ์ระบบโทรศัพท์ได้กล่าวถึงแนวทางการส่งข้อมูลด้วยโทรศัพท์แสง (Photophone) ในเวลาต่อมาเริ่มมีการนำเส้นใยแก้วเล็กๆมามัดรวมกันเป็นท่อที่ใหญ่ขึ้นเพื่อใช้นำแสงระหว่างสองจุด ใน ค.ศ.1966 เริ่มมีการวิจัยเกี่ยวกับท่อนำสัญญาณแสง ในช่วงยุคเริ่มแรกเส้นใยแก้วที่ผลิตขึ้นมีการลดทอนสูงมากถึง 1000 dB/km จึงยังไม่เป็นที่สนใจนัก ต่อมาใน ค.ศ.1970 ได้มีการพัฒนาเส้นใยแก้วที่มีการลดทอนสัญญาณลดลง นอกจากนั้น Charles Kao และคณะผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติของเส้นใยนำแสงจากผู้ผลิตทั้งหมดและพบว่าการที่เส้นใยนำแสงมีการลดทอนสูงนั้นเกิดจากการที่ Silica glass ที่ใช้ไม่บริสุทธิ์มากพอ ส่งผลให้ปัจจุบันเกิดการพัฒนาเส้นใยนำแสงซึ่งสามารถใช้เป็นตัวกลางสำหรับการส่งแสงโดยมีการลดทอน (Attenuation) ต่ำได้ และประกอบกับการพัฒนาเทคโนโลยีสารกึ่งตัวนำต่าง ๆ รวมถึงอุปกรณ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ [3] ทำให้การสื่อสารทางแสงสามารถนำมาใช้งานได้จริง ด้วยที่การสื่อสารทางแสงสามารถส่งข้อมูลในระยะทางไกลได้ด้วยอัตราเร็วสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับการสื่อสารแบบอื่น ๆ ปัจจุบันจึงเป็นการสื่อสารประเภทหนึ่งซึ่งถูกนำมาใช้งานต่าง ๆ อาทิ การเชื่อมต่อโครงข่ายการสื่อสารระหว่างประเทศด้วยเส้นใยนำแสง (Optical fiber) [2] การควบคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ด้วยรังสีอินฟราเรด (Infrared radiation) และการประยุกต์ใช้อุปกรณ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ (Optoelectronic devices) [4] เพื่อตรวจจับวัตถุในภาคอุตสาหกรรม ปัจจุบันมีการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องหลายรูปแบบ เช่น การพัฒนาระบบสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นได้ (Visible light communications) [5] และระบบสื่อสารด้วยรังสีเหนือม่วง (Ultraviolet communications) [6] เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
Copyright © by Rajamangala University of Technology Rattanakosin
All rights reserved

2 พื้นฐานการสื่อสารทางแสง

พื้นฐานการสื่อสารทางแสงมีการทำงานดังภาพที่ 1-1 เป็นโครงสร้างระบบสื่อสารด้วยเส้นใยนำแสง (Optical fiber communications) สำหรับภาคส่งเป็นการนำข้อมูลจากแหล่งข่าว (Source) มาแปลงเป็นสัญญาณที่เหมาะสมและแปลงจากสัญญาณทางไฟฟ้าเป็นสัญญาณทางแสง ภาคที่ทำหน้าที่ดังกล่าวนี้ถูกเรียกว่า (Electrical-to-Optical converter หรือ E/O Converter) อุปกรณ์ส่วนใหญ่ที่ทำหน้าที่กำเนิดแสงได้แก่หลอดแอลไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode หรือ LED) และเลเซอร์ไดโอด (Laser diode) สัญญาณแสงที่ถูกกำเนิดขึ้นมานั้นถูกส่งผ่านเส้นใยนำแสงซึ่งเชื่อมต่อระหว่างภาคส่งและภาครับ ที่ภาครับอุปกรณ์ตรวจจับแสง เช่น โฟโตไดโอด (Photodiode) และโฟโตทรานซิสเตอร์ถูกใช้เพื่อการแปลงสัญญาณแสงเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าและวงจรต่าง ๆ ที่ภาครับทำหน้าที่แปลงสัญญาณให้กลายเป็นข้อมูลสำหรับการนำไปใช้งานต่อไป ภาคซึ่งทำหน้าที่แปลงจากสัญญาณทางแสงเป็นสัญญาณทางไฟฟ้ามีชื่อเรียกว่า (Optical-to- Electrical converter หรือ O/E Converter)



ภาพที่ 2-1 โครงสร้างการสื่อสารด้วยเส้นใยนำแสง

3 ฟิสิกส์ของแสง

แสง (Light) คือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีช่วงความยาวคลื่น (Wavelength) ระหว่าง 400 และ 700 นาโนเมตร มนุษย์สามารถมองเห็นแสงได้ด้วยตาเปล่า แสงและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านความยาวคลื่นต่าง ๆ มีความเกี่ยวข้องกับมนุษย์ในหลากรูปแบบ ภาพที่ 1-2 เป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการประยุกต์ใช้งาน มนุษย์ใช้งานคลื่นวิทยุและคลื่นไมโครเวฟในการสื่อสารผ่านอากาศ รังสีอินฟราเรด (Infrared radiation) รังสีเหนือม่วง (Ultraviolet radiation) และแสงถูกแพร่จากแหล่งกำเนิดแสงต่าง ๆ รวมทั้งดวงอาทิตย์

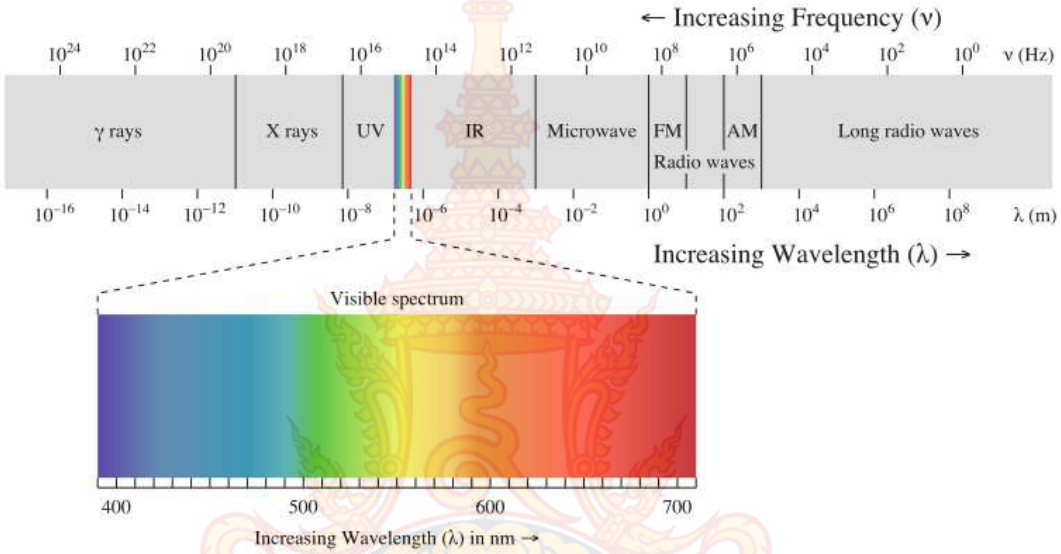
ความถี่ (Frequency ; f) ความยาวคลื่น (Wavelength ; λ) ของแสงและรังสีต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กันดังสมการต่อไปนี้

$$f = \frac{v}{\lambda} \tag{2.1}$$

เมื่อ v คือความเร็วของแสงในตัวกลางใด ๆ ในกรณีที่แสงเดินทางผ่านอากาศจะพบว่าแสงเดินทางผ่านอากาศได้ด้วยความเร็วคงที่ $3\times10^{8} m/s$ ซึ่งแทนด้วยค่าคงที่ c ในทำนองเดียวกันคาบเวลา (Period) และความถี่ของแสงก็มีความสัมพันธ์กันดังสมการต่อไปนี้

$$f = \frac{1}{T} \tag{2.2}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
Copyright © by Rajamangala University of Technology Rattanakosin
All rights reserved



ภาพที่ 2-2 สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ในกรณีที่แสงเดินทางผ่านตัวกลางใด ๆ ส่งผลให้แสงมีความเร็วลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับความเร็วของแสงในสุญญากาศ ความเร็วของแสงในตัวกลางใด ๆ นั้นมีความสัมพันธ์กับค่าดรรชนีหักเห (Reflective index of light; n) ของตัวกลางต่าง ๆ เป็นค่าอัตราส่วนระหว่างความเร็วปกติของแสงในอากาศ (หรือสุญญากาศ) กับความเร็วของแสงในตัวกลางอื่น ๆ สามารถคำนวณได้จาก

$$n = \frac{c}{v} \tag{2.3}$$

4 สิ่งประดิษฐ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์

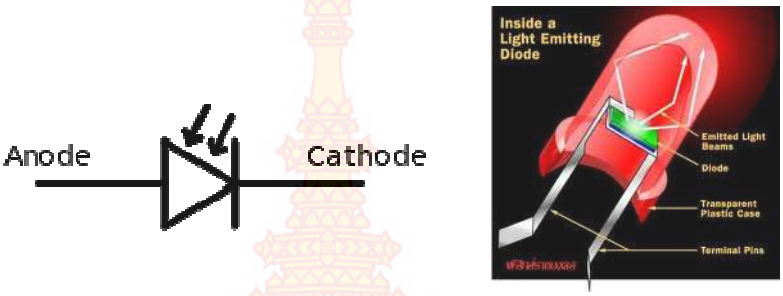
สิ่งประดิษฐ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ (Optoelectronic devices) ที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารทางแสงได้แก่อุปกรณ์ประเภทสารกึ่งตัวนำซึ่งทำหน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดแสง (Light source) และอุปกรณ์ตรวจจับแสง (Photo detector)

5 แหล่งกำเนิดแสง

5.1 หลอดไดโอดเปล่งแสง

หลอดไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode หรือ LED) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สารกึ่งตัวนำชนิดหนึ่งซึ่งทำหน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดแสงตามความยาวคลื่นต่าง ๆ เมื่อได้รับการไบอัสกระแสไฟฟ้าที่ถูกต้อง แสงหรือรังสีที่เปล่งออกมาจากช่วงรอยต่อ P-N ของหลอดไดโอดเปล่งแสง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร
Copyright © by Rattanakosin University of Technology Rattanakosin
All rights reserved

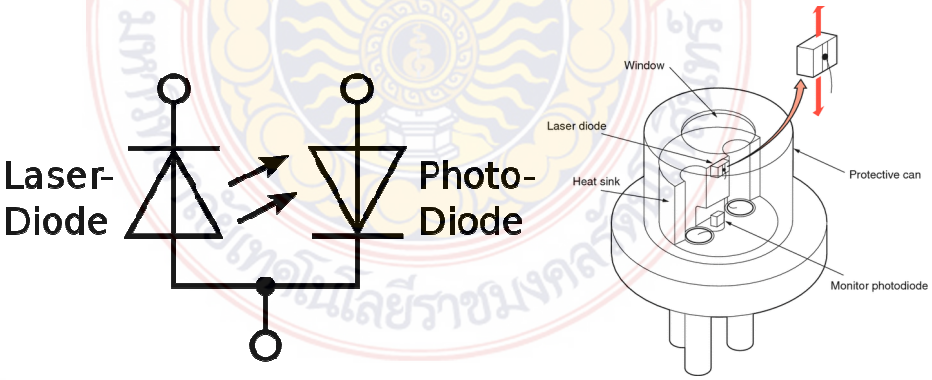


(ก) (ข)

ภาพที่ 2-3 หลอดไดโอดเปล่งแสง (ก) สัญลักษณ์ (ข) โครงสร้างภายในอุปกรณ์ [7]

5.2 เลเซอร์ไดโอด

เลเซอร์ไดโอด (Laser diode) เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเช่นเดียวกับไดโอดแต่ถูกออกแบบมาให้สามารถเปล่งแสงเลเซอร์ได้ ลักษณะของแสงเลเซอร์เป็นแสงที่เป็นระเบียบหรือเป็นแสงโคฮีเรนต์ (Coherent) คือคลื่นที่เปล่งออกมามีเฟสตรงกันและมีทิศทางการพุ่งออกของแสงไปในทิศทางเดียวกัน (Directivity) ทำให้แสงเลเซอร์เสมือนเป็นลำแสงขนานและมีความเข้มแสงสูงมาก



(ข) (ข)

ภาพที่ 2-4 หลอดไดโอดเลเซอร์ (ก) สัญลักษณ์ (ข) ตัวอย่างอุปกรณ์[8]

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
Copyright © by Rajamangala University of Technology Rattanakosin
All rights reserved

6 อุปกรณ์ตรวจจับแสง

6.1 โฟโตไดโอด

โฟโตไดโอด (Photodiode) เป็นหนึ่งในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณแสงให้กลายเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งมักถูกนำมาใช้งานที่ภาครับของการสื่อสารทางแสง การใช้งานโฟโตไดโอดเพื่อตรวจจับแสงเป็นการต่อวงจรเพื่อให้โฟโตไดโอดอยู่ในสภาวะ Reverse bias ซึ่งส่งผลให้ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโฟโตไดโอดมีปริมาณเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามความเข้มแสงที่ตกกระทบอุปกรณ์

(ค) (ข)

ภาพที่ 2-5 โฟโตไดโอด (ก) สัญลักษณ์ (ข) ตัวอย่างอุปกรณ์ [9]

6.2 โฟโตทรานซิสเตอร์

โฟโตทรานซิสเตอร์ (Phototransistor) เป็นหนึ่งในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณแสงให้กลายเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าอีกชนิดหนึ่ง มีสัญลักษณ์ดังภาพที่ 2-6 (ก)

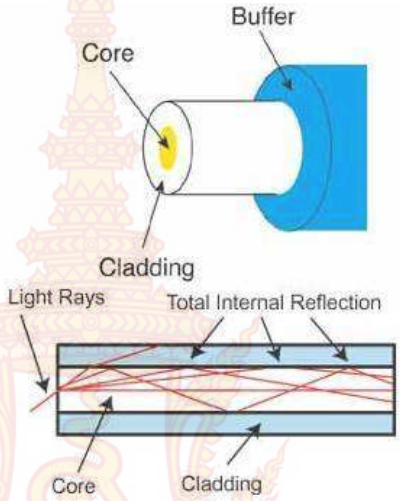
(ก) (ข)

ภาพที่ 2-6 โฟโตทรานซิสเตอร์ (ก) สัญลักษณ์ (ข) ตัวอย่างอุปกรณ์

7 เส้นใยนำแสง

เส้นใยนำแสง (Optical fiber) หมายถึงท่อนำสัญญาณแสงที่มีขนาดเล็กตันทรงกระบอกคล้ายเส้นเอ็น ทำจากวัสดุโปร่งแสง มีคุณสมบัติที่สำคัญคือมีค่าการลดทอนสัญญาณต่ำ (Low attenuation) จึงมีความสามารถในการนำสัญญาณแสงได้ดีมาก โครงสร้างพื้นฐานของเส้นใยนำแสงมีลักษณะดังภาพที่ 2-7 โดยสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนได้แก่ส่วนคอร์ (Core) และแคลดหรือแคลดดิ้ง (Cladding) ซึ่งทำด้วยสารประเภทซิลิการ์และอาจเจือ (Doping) สารต่าง ๆ เพื่อให้มีดัชนีหักเหที่แตกต่างกันตามความเหมาะสมในการใช้งาน การเดินทางของแสงในเส้นใยนำแสงจะมีการเดินทางผ่านส่วนคอร์ของเส้นใยนำแสงเท่านั้นโดยอาศัยปรากฏการณ์สะท้อนกลับหมด (TIR) ซึ่งส่งผลให้แสงจะเกิดการหักเหบริเวณรอยต่อระหว่างคอร์และแคลดและกลับไปในแกนคอร์ สำหรับส่วนห่อหุ้ม (Jacket หรือ Buffer) ใช้เพื่อเพิ่มความทนทานของเส้นใยนำแสง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
Copyright © by Rajamangala University of Technology Rattanakosin
All rights reserved

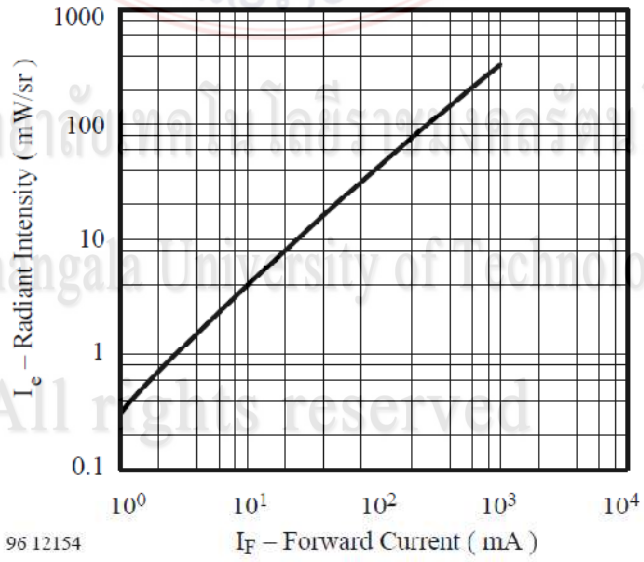


ภาพที่ 2-7 เส้นใยนำแสง [10]

8 การออกแบบวงจรสำหรับการสื่อสารทางแสง

8.1 วงจรกำเนิดสัญญาณทางแสง

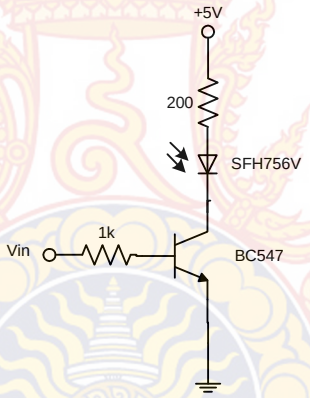
การควบคุมการส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสงสำหรับใช้เป็นภาคส่งของการสื่อสารทางแสง ทำได้ด้วยการควบคุมปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านแหล่งกำเนิดแสงต่าง ๆ เนื่องจากกำลังงานหรือความเข้มของแสงที่เปล่งออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงแปรผันตามปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านอุปกรณ์ดังตัวอย่างในภาพที่ 2-8 ซึ่งเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกระแสไฟฟ้าฟอร์เวิร์ด (Forward current) และความเข้มการส่องสว่าง (Radian intensity) ของหลอดไดโอดเปล่งแสง TSAL7400 ของบริษัท Vishay Telefunken



ภาพที่ 2-8 วงจรกำเนิดสัญญาณทางแสง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
Copyright © by Rajamangala University of Technology Rattanakosin
All rights reserved

ภาพที่ 2-9 เป็นตัวอย่างวงจรภาคขับหลอดไดโอดเปล่งแสงซึ่งใช้ทรานซิสเตอร์ในการควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดไดโอดเปล่งแสง ในการทำงานนั้นเมื่อป้อนแรงดัน V_{in} เข้าสู่วงจรจะส่งผลให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดไดโอดเปล่งแสงแปรผันตามประมาณแรงดันไฟฟ้า V_{in} เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขาคอเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์จะมีความสัมพันธ์กับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขาเบส ในกรณีที่ต้องการส่งข้อมูลดิจิทัลทรานซิสเตอร์จะทำงานคล้ายกับสวิตช์เพื่อควบคุมการติดและดับของหลอดไดโอดเปล่งแสง

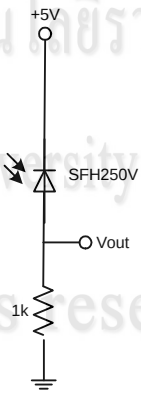


ภาพที่ 2-9 วงจรกำเนิดสัญญาณทางแสง

8.2 วงจรตรวจจับสัญญาณทางแสง

ภาพที่ 2-10 เป็นตัวอย่างวงจรตรวจจับสัญญาณทางแสงโดยใช้โฟโตไดโอดซึ่งถูกต่อใช้งานในลักษณะรีเวิร์สไบอัส นื่องจากกระแสไฟฟ้ารีเวิร์สไบอัสมีความสัมพันธ์กับปริมาณความเข้มแสงที่ตกกระทบโฟโตไดโอดดังนั้นจึงส่งผลให้แรงดันไฟฟ้าที่เป็นแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานที่อนุกรมกับโฟโตไดโอดมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามความเข้มแสง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
Copyright © by Rajamangala University of Technology Rattanakosin
All rights reserved



ภาพที่ 2-10 วงจรตรวจจับสัญญาณทางแสง

9 ผลการสำรวจผู้ผลิตอุปกรณ์เกี่ยวกับการสื่อสารทางแสง

ปัจจุบันบริษัทต่าง ๆ ผลิตอุปกรณ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ผู้ใช้งานสามารถจัดหาได้จากผู้ขายทั่วไป อาทิ บริษัทอิเลคทรอนิกส์ ซอร์ส จำกัด [11] บริษัท RS Components Co.. Ltd.][12] และบริษัท element14 Pte. Ltd. [13] ในประเทศไทยมีบริษัทต่าง ๆ จำหน่ายอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการติดตั้งระบบสื่อสารทางแสง ได้แก่ เส้นใยนำแสง Media converter เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับการสื่อสารทางแสง เช่น บริษัท อินเตอร์ลิ้งค์ คอมมิวนิเคชั่น จำกัด (มหาชน) [14] ในต่างประเทศมีบริษัทต่าง ๆ ผลิตชุดฝึกปฏิบัติการเกี่ยวข้องกับการสื่อสารทางแสง ทัศนอุปกรณ์และคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของแสง บริษัท Leybold didactic [15] ได้ผลิตชุดฝึกปฏิบัติการต่าง ๆ ซึ่งรวมถึงพื้นฐานของทัศนอุปกรณ์ เลเซอร์ และเส้นใยนำแสง บริษัท Lambda scientific [16] ได้พัฒนาชุดฝึกทางด้านเส้นใยนำแสง เช่น LEOK-20 Optical fiber Information and Communication experiment kit-basic model ซึ่งมีราคา 4,625 USD เป็นต้น บริษัท Industrial fiber optics[17] ผลิตชุดทดลองทางด้านการสื่อสารด้วยเส้นใยนำแสงรวมทั้งเลเซอร์ และผลิตชุดทดลองทางด้านเส้นใยนำแสงซึ่งผู้ทดลองสามารถนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์โดยมีราคาตั้งแต่ 34 USD จนถึง 110 USD ขึ้นอยู่กับรูปแบบการทดลอง จากการสำรวจข้อมูลในเบื้องต้นพบว่าชุดฝึกปฏิบัติการทดลองส่วนใหญ่มีราคาแพงและต้องจัดซื้อจากต่างประเทศ

ภาพที่ 4 ตัวอย่างชุดฝึกปฏิบัติการด้านการสื่อสารทางแสง [17]

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
Copyright © by Rajamangala University of Technology Rattanakosin
All rights reserved

บทที่ 3
การพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการเชิงแสงแบบประหยัด

1 หลักการออกแบบชุดฝึกปฏิบัติการ

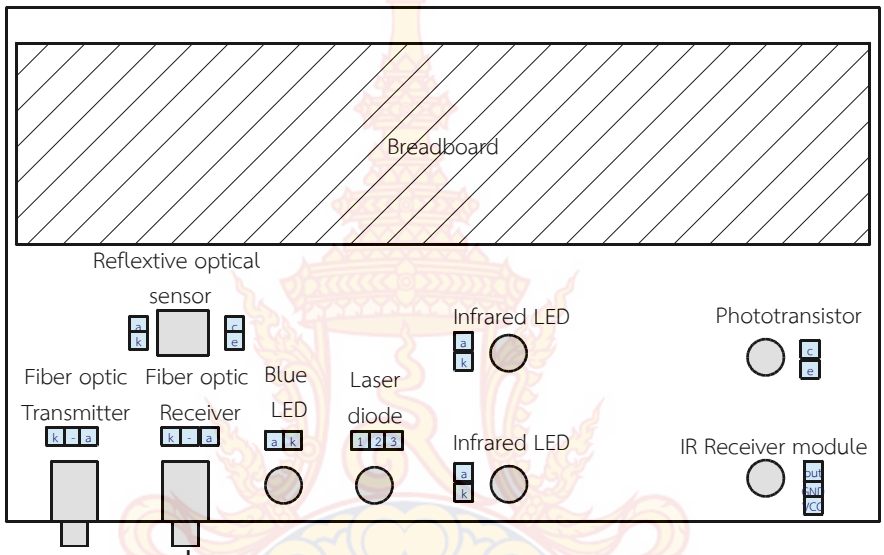
การเตรียมการสอนภาคปฏิบัติด้วยการสื่อสารทางแสงแก่นักศึกษาอาจทำได้โดยการจัดหาชุดฝึกปฏิบัติการสื่อสารทางแสงที่ได้พัฒนาขึ้นโดยบริษัทต่าง ๆ มาใช้ประกอบการสอน ปัจจุบันมีผู้ผลิตชุดฝึกปฏิบัติการที่มีประสิทธิภาพให้เลือกใช้งานอย่างหลากหลาย อย่างไรก็ตามชุดฝึกปฏิบัติการส่วนใหญ่ล้วนถูกนำเข้ามาจากต่างชาติและมีราคาแพง การจัดซื้อให้เพียงพอแก่การฝึกปฏิบัติของนักศึกษาจึงจำเป็นต้องใช้งบประมาณจัดซื้ออุปกรณ์ค่อนข้างมาก ส่งผลให้ผู้สอนไม่อาจจัดซื้ออุปกรณ์ต่าง ๆ เพิ่มเติมเพื่อปรับปรุงการสอนได้อย่างสะดวกมากนัก เพื่อลดปัญหาดังกล่าวและเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนการสอน ผู้วิจัยได้พัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการสื่อสารทางแสงสำหรับการฝึกภาคปฏิบัติของนักศึกษาระดับปริญญาตรีโดยมุ่งหวังเพื่อการนำมาใช้ร่วมกับชุดฝึกปฏิบัติการอื่น ๆ ในห้องปฏิบัติการสื่อสารทางแสง เป็นการนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้แก่ แหล่งกำเนิดแสง (Light source) อุปกรณ์ตรวจจับแสง (Photodetector) เส้นใยนำแสง และอุปกรณ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ที่มีราคาถูกและสามารถจัดหาได้โดยง่ายมาพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการสื่อสารทางแสง ผู้วิจัยได้คัดสรรอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบการฝึกที่มีราคาถูกและสามารถจัดเตรียมได้โดยง่ายเพื่อให้ผู้สอนสามารถซ่อมแซมและพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการด้วยตนเองได้โดยมีค่าใช้จ่ายที่ไม่มากนัก ผู้ใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการสามารถฝึกฝนทักษะและความเชี่ยวชาญในศาสตร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารทางแสงขั้นพื้นฐานและทักษะการใช้งานวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ผู้ดูแลการฝึกปฏิบัติการสามารถซ่อมแซมหรือเพิ่มเติมชุดฝึกปฏิบัติการได้ง่ายและมีค่าใช้จ่ายไม่มากนักเมื่อเปรียบเทียบกับการจัดซื้อชุดฝึกปฏิบัติการจากบริษัทต่างชาติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

2 การออกแบบบอร์ดสำหรับการทดลอง

เพื่อให้ผู้ฝึกสอนสามารถดำเนินการทดลองต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็วผู้วิจัยได้จัดทำบอร์ดสำหรับใช้ประกอบการฝึกปฏิบัติการโดยมีลักษณะดังภาพที่ 3-1 โครงสร้างบอร์ดสำหรับใช้ประกอบการทดลองได้รวบรวมอุปกรณ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบไว้ในวงจรเดียวกันพร้อมกับการจัดเตรียมจุดเชื่อมต่อกับวงจรต่าง ๆ ผู้ใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการจะต้องเชื่อมต่ออุปกรณ์กับวงจรต่าง ๆ และจัดเตรียมโปรโตบอร์ดเพื่อใช้ในการทดลอง ในการทดลองตามเอกสารคู่มือประกอบการทดลองเพื่อลดความเสี่ยงด้านความเสียหายแก่อุปกรณ์ระหว่างการทดลอง การฝึกปฏิบัติการทั้งหมดจะใช้แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 5 โวลต์เป็นหลัก

Copyright © by Rajamangala University of Technology Rattanakosin
All rights reserved



ภาพที่ 3-1 โครงสร้างบอร์ดสำหรับใช้ประกอบการทดลอง

ภาพที่ 3-2 ชุดฝึกปฏิบัติการสื่อสารทางแสงแบบประหยัด

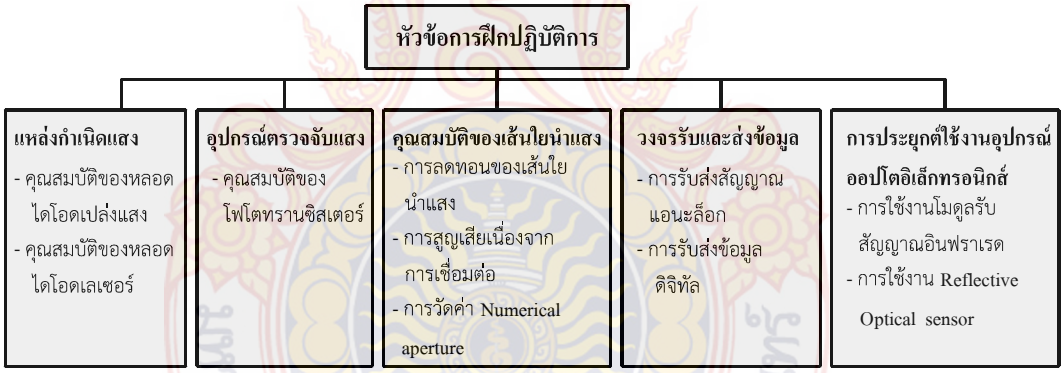
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
Copyright © by Rajamangala University of Technology Rattanakosin
All rights reserved

ภาพที่ 3-2 เป็นบอร์ดทดลองที่ได้พัฒนาขึ้นโดยมีการใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์พื้นฐาน อแดปเตอร์จ่ายไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 5 โวลต์ แว่นตานิรภัย เส้นใยนำแสงชนิดพลาสติก และมัลติมิเตอร์ อุปกรณ์ดังกล่าวล้วนมีราคาถูกและจัดหาได้ง่ายดังนั้นผู้ใช้งานจึงสามารถจัดเตรียมและซ่อมแซมได้โดยสะดวก

3 โครงสร้างชุดฝึกปฏิบัติการสื่อสารทางแสง

หัวข้อการฝึกปฏิบัติการทั้งหมดในชุดฝึกปฏิบัติการทางแสงที่พัฒนาขึ้นครอบคลุมพื้นฐานการสื่อสารทางแสง ได้แก่คุณสมบัติของแหล่งกำเนิดแสง อุปกรณ์ตรวจจับแสง เส้นใยนำแสง และอุปกรณ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ การออกแบบการฝึกปฏิบัติการมุ่งเน้นให้ผู้ฝึกปฏิบัติได้ใช้ต่อ

วงจรเพื่องานอุปกรณ์ต่าง ๆ ข้างต้นด้วยตนเอง เพื่อให้ผู้ฝึกสอนสามารถดำเนินการทดลองต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็วผู้วิจัยได้จัดทำบอร์ดสำหรับใช้ประกอบการฝึกปฏิบัติการโดยมีลักษณะดังรูปที่ 2 อุปกรณ์ดังกล่าวทำหน้าที่รวบรวมอุปกรณ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบไว้ในวงจรเดียวกัน พร้อมกับการจัดเตรียมจุดเชื่อมต่อกับวงจรต่าง ๆ ผู้ใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการจะต้องเชื่อมต่ออุปกรณ์กับวงจรต่าง ๆ ในการทดลองตามเอกสารคู่มือประกอบการทดลอง เพื่อลดความเสี่ยงด้านความเสียหายแก่อุปกรณ์ระหว่างการทดลอง การฝึกปฏิบัติการทั้งหมดจะใช้แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 5 โวลต์เป็นหลัก สำหรับชุดฝึกปฏิบัติการสื่อสารทางแสงมีหัวข้อการฝึกปฏิบัติการดังภาพที่ 3-3

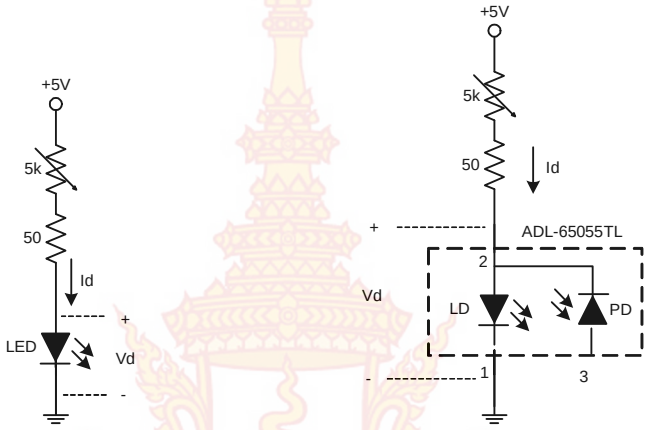


ภาพที่ 3-3 โครงสร้างชุดฝึกปฏิบัติการสื่อสารทางแสง

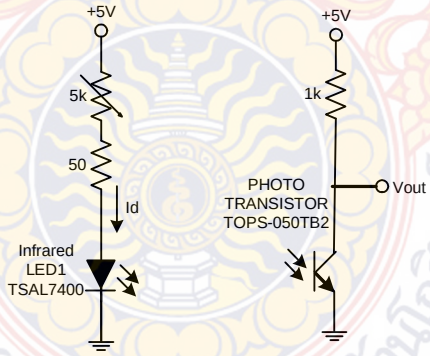
4 การทดลองแหล่งกำเนิดแสงและอุปกรณ์ตรวจจับแสง

แหล่งกำเนิดแสงที่ใช้ในการฝึกปฏิบัติการ ได้แก่ แหล่งกำเนิดแสงประเภทหลอดไดโอดเปล่งแสงและหลอดไดโอดเลเซอร์ มีการออกแบบการฝึกปฏิบัติการให้ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านแหล่งกำเนิดแสงและปริมาณความเข้มแสงที่กำเนิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดแสง และการออกแบบวงจรควบคุมอุปกรณ์กำเนิดแสงต่าง ๆ สำหรับการฝึกเกี่ยวกับอุปกรณ์ตรวจจับแสงเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงที่ตกกระทบที่อุปกรณ์ตรวจจับแสงประเภทโฟโตทรานซิสเตอร์และแรงดันกระแสไฟฟ้าที่อุปกรณ์ตรวจจับแสง ภาพที่ 3-4 เป็นตัวอย่างการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการทดสอบคุณสมบัติของหลอดไดโอดเลเซอร์ ผู้ฝึกปฏิบัติจะต้องต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อควบคุมปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดไดโอดเลเซอร์ด้วยตนเองตามคำอธิบายในใบงานร่วมกับข้อมูลในเอกสารคู่มือสำหรับอุปกรณ์ต่าง ๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
Copyright © by Rajamangala University of Technology Rattanakosin
All rights reserved

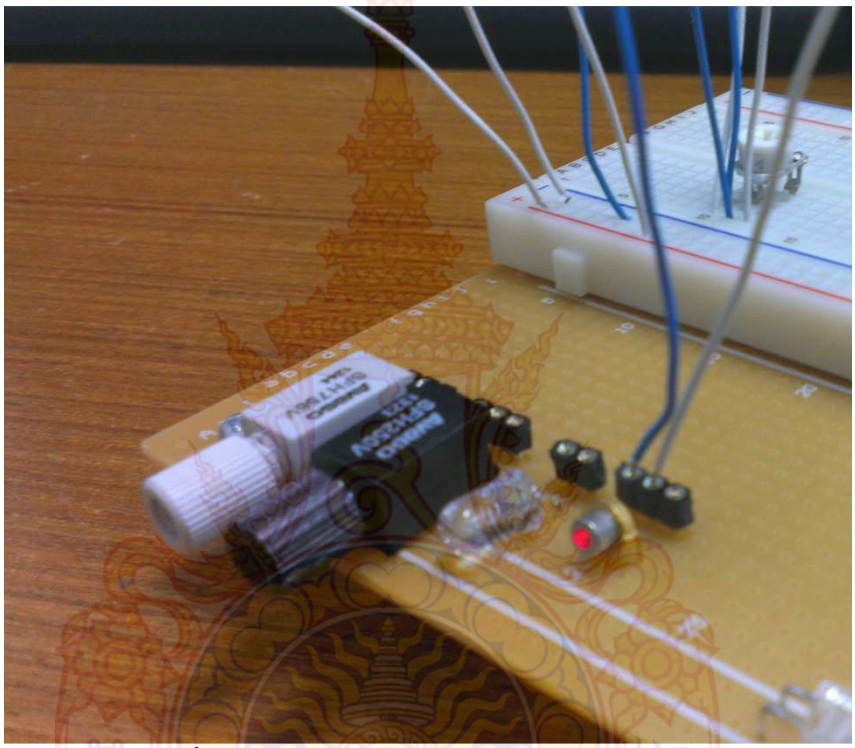


ภาพที่ 3-4 วงจรสำหรับการทดลอง (ก) หลอดไดโอดเปล่งแสง (ข) หลอดไดโอดเลเซอร์



ภาพที่ 3-5 วงจรสำหรับการทดลองโฟโตทรานซิสเตอร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
Copyright © by Rajamangala University of Technology Rattanakosin
All rights reserved

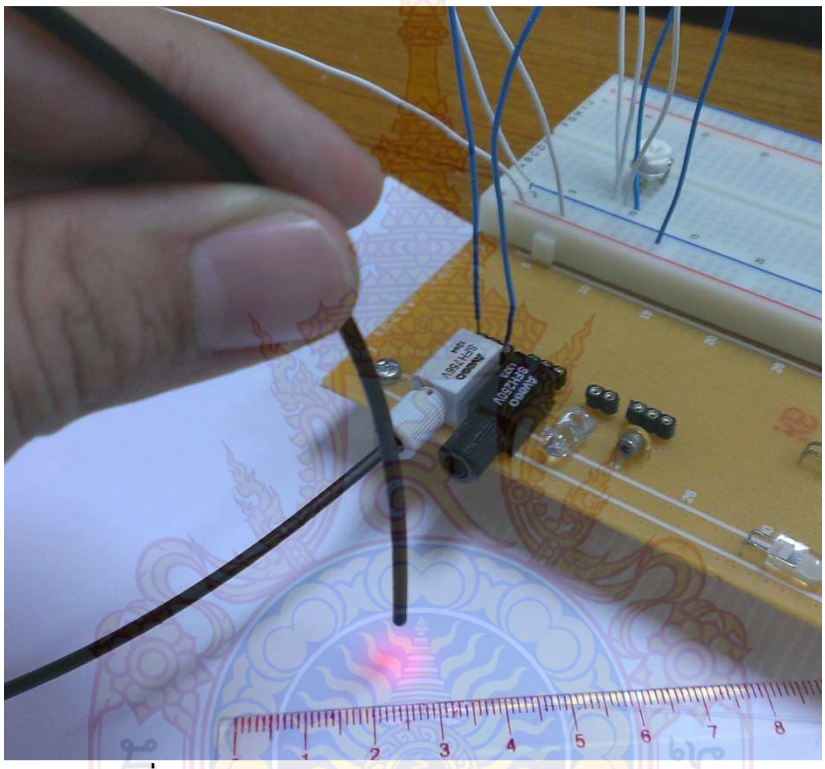


ภาพที่ 3-6 การทดสอบคุณสมบัติของแหล่งกำเนิดแสง

5 การทดสอบคุณสมบัติของเส้นใยนำแสง

เส้นใยนำแสงที่ใช้ในการฝึกปฏิบัติการเป็นเส้นใยนำแสงชนิดพลาสติก (Polymer Optical Fiber หรือ POF) เนื่องจากมีราคาถูก ผู้ใช้งานสามารถตัดและปรับแต่งปลายเส้นใยนำแสงได้สะดวกมากกว่าการใช้เส้นใยนำแสงชนิดแก้ว นอกจากนั้นชุดส่งและรับสำหรับการสื่อสารทางแสงบางรุ่นยังได้รับการออกแบบมาเพื่อเชื่อมต่อกับเส้นใยนำแสงแบบ POF โดยที่ไม่จำเป็นต้องใช้คอนเนกเตอร์ ผู้วิจัยได้จัดเตรียมการฝึกปฏิบัติการทดสอบค่าการลดทอน (Attenuation) ของเส้นใยนำแสง การสูญเสียเนื่องจากจุดเชื่อมต่อของเส้นใยนำแสง และ การวิเคราะห์ค่า Numerical aperture ของเส้นใยนำแสง รูปที่ 3-6 แสดงตัวอย่างการทดสอบค่า Numerical aperture ของเส้นใยนำแสงด้วยการต่อวงจรชุดส่งสัญญาณทางแสง (Optical fiber transmitter) เพื่อกำเนิดสัญญาณทางแสงส่งผ่านเส้นใยนำแสงชนิดพลาสติและวัดระยะห่างระหว่างปลายเส้นใยนำแสงและรัศมีของการกระจายแสงจากปลายเส้นใยนำแสงเพื่อนำตัวแปรต่าง ๆ มาคำนวณค่า Numerical aperture เนื่องจากการทดลองดังกล่าวใช้เครื่องมือวัดขั้นพื้นฐาน ค่าที่ได้จากการวัดอาจเกิดความคลาดเคลื่อนไปจากค่าจริงได้แต่ก็ยังคงนำมาใช้ในการคำนวณเพื่อเสริมสร้างความเข้าใจของผู้เรียนรู้ได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
Copyright © by Rajamangala University of Technology Rattanakosin
All rights reserved

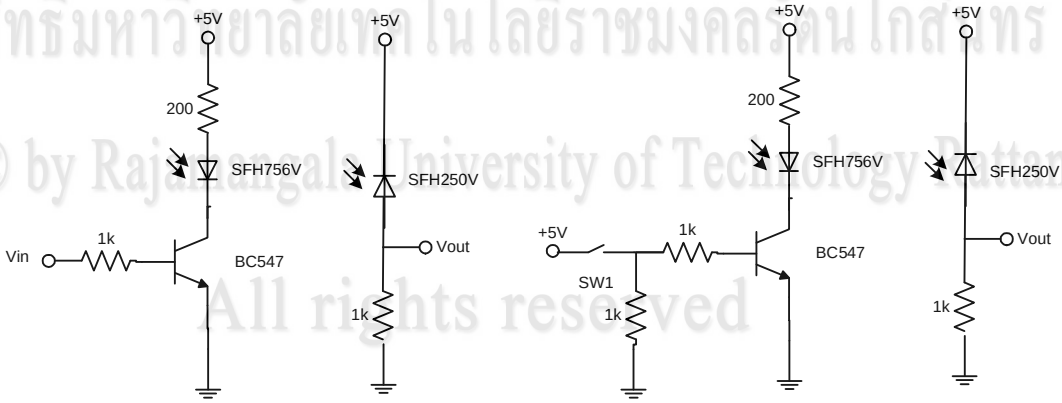


ภาพที่ 3-7 การทดสอบค่า Numerical aperture ของเส้นใยนำแสง

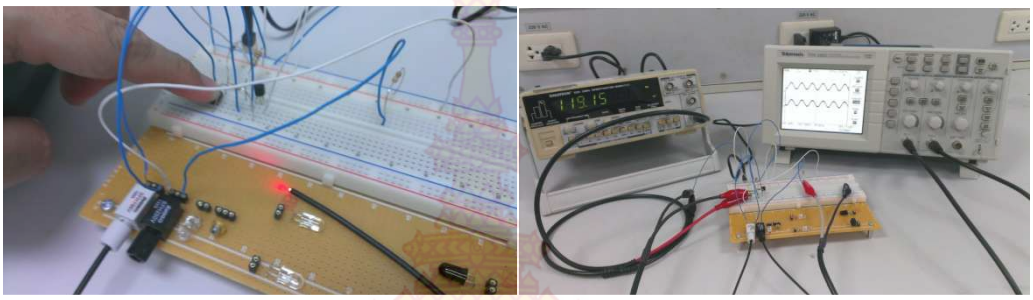
6 การทดสอบวงจรรับส่งข้อมูล

การทดสอบวงจรรับส่งข้อมูลเป็นการทดลองต่อวงจรรับส่งสัญญาณแอนะล็อกและข้อมูลดิจิทัลสำหรับการสื่อสารทางแสงโดยใช้อุปกรณ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์และเส้นใยนำแสงที่ได้ใช้ในการทดสอบก่อนหน้านี้ วัตถุประสงค์ของการทดสอบคือเพื่อให้ผู้ฝึกเกิดความเข้าใจหลักการทำงานต่าง ๆ ของการรับส่งข้อมูลผ่านการสื่อสารทางแสง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครโกสินทร์
Copyright © by Rajamangala University of Technology Rattanakosin
All rights reserved



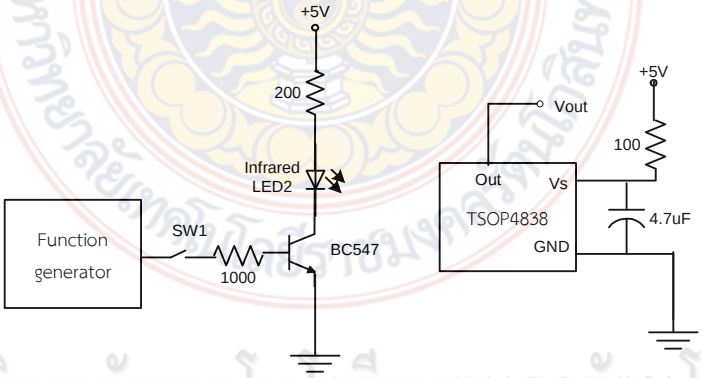
ภาพที่ 3-8 วงจรสำหรับการทดลองโฟโตทรานซิสเตอร์ (ก) รับส่งสัญญาณแอนะล็อก (ข รับส่งข้อมูลดิจิทัล



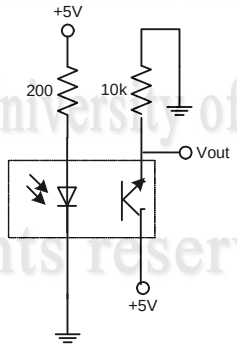
ภาพที่ 3-9 การทดลองวงจรรับส่งข้อมูล

7 การประยุกต์ใช้อุปกรณ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์

ปัจจุบันอุปกรณ์ประเภทออปโตอิเล็กทรอนิกส์ได้ถูกประยุกต์ใช้ในวงจรควบคุมต่าง ๆ หลายรูปแบบ ดังนั้นเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจหลักการทำงานของอุปกรณ์ดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้จัดเตรียมการทดสอบคุณสมบัติของอุปกรณ์รับส่งสัญญาณอินฟราเรด (Infrared transceiver) และอุปกรณ์ตรวจจับแสง (Optical sensor) แบบต่าง ๆ เพื่อให้ผู้ฝึกปฏิบัติเกิดความเข้าใจหลักการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานด้วยตนเองได้

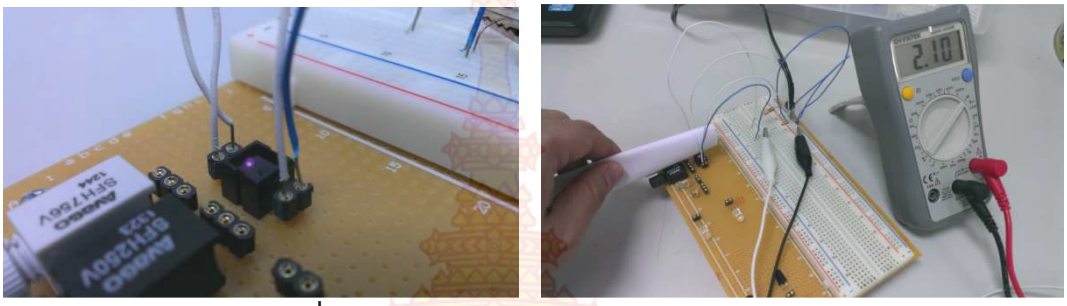


ภาพที่ 3-10 วงจรทดสอบโมดูล IR Receiver



ภาพที่ 3-11 วงจรทดสอบโมดูล Optical Reflector

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
Copyright © by Rajamangala University of Technology Rattanakosin
All rights reserved



ภาพที่ 3-12 การทดลองโมดูล Optical Reflector

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
Copyright © by Rajamangala University of Technology Rattanakosin
All rights reserved

บทที่ 4
ผลการทดสอบชุดฝึกปฏิบัติการเชิงแสงแบบประหยัด

1 ผลการประเมินโดยผู้ใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการ

ผู้วิจัยได้นำชุดฝึกปฏิบัติการบางส่วนมาใช้ประกอบการเรียนการสอนเพิ่มเติมโดยใช้งานร่วมกับชุดฝึกปฏิบัติการทางด้านการสื่อสารทางแสงสำหรับนักศึกษาที่ลงเรียนรายวิชา TEE 4210 ปฏิบัติการสื่อสารทางแสง (Optical communications) มีการได้สัมภาษณ์และสุ่มให้ผู้ใช้งานประเมินชุดฝึกปฏิบัติการจำนวน 34 คน ผู้ประเมินแต่ละท่านจะให้คะแนนในแต่ละหัวข้อระหว่าง 1 ถึง 5 คะแนน โดยที่ 5 คะแนนเป็นค่าที่ดีที่สุด ผลลัพธ์จากการประเมินดังกล่าวเป็นไปดังตารางที่ 1 ผลจากการประเมินสรุปได้ว่าชุดฝึกปฏิบัติการนี้สามารถให้ความรู้ทางด้านการสื่อสารทางแสงและทักษะการต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้ในระดับปานกลาง รายการฝึกปฏิบัติการสอดคล้องกับเนื้อหาและผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในการใช้งานในระดับดี ความสะดวกในการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการอยู่ในระดับปานกลาง ดังนั้นจึงเป็นชุดฝึกปฏิบัติการที่มีความเหมาะสมต่อการนำมาปรับใช้ในห้องปฏิบัติการสื่อสารทางแสง อย่างไรก็ตาม ระหว่างการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการผู้วิจัยประสบปัญหาเรื่องการเกิดความเสียหายของอุปกรณ์ประกอบการทดลอง เนื่องจากการที่ผู้ใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ด้วยตนเองมีโอกาสเกิดความผิดพลาดในการทดลองขึ้นได้ นอกจากนั้นผู้ฝึกปฏิบัติอาจไม่คุ้นเคยการศึกษารายละเอียดการต่อวงจรโดยใช้ข้อมูลจากเอกสารประกอบการใช้งานอุปกรณ์ต่าง ๆ มากนัก

ภาพที่ 4-1 การประเมินชุดฝึกปฏิบัติการโดยนักศึกษา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
Copyright © by Rajamangala University of Technology Rattanakosin
All rights reserved

ตารางที่ 4-1 ผลการประเมินโดยผู้ใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการ

หัวข้อ	ผลการประเมิน
ความรู้ด้านการสื่อสารทางแสงที่ได้รับจากการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการ	3.69697
ความรู้ด้านการใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ได้รับจากการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการ	3.9697
ความสอดคล้องกับเนื้อหาในรายวิชาหลักการสื่อสารทางแสง	4.5758
ความสะดวกในการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการ	3.8788
ความเหมาะสมต่อการใช้งานในห้องปฏิบัติการสื่อสารทางแสง	4.2121
ความพึงพอใจโดยรวมจากการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการ	4.5152

2 การนำเสนอผลงานในการประชุมวิชาการระดับประเทศ

ผู้วิจัยได้นำผลลัพธ์จากการดำเนินงานวิจัยเรื่อง “การพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการสื่อสารทางแสงแบบประหยัด” ไปนำเสนอในการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 6 (the 6th Conference on Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology) ซึ่งจัดขึ้น ณ โรงแรมมารีไทม์ ปาร์คแอนสปารีสอร์ทระหว่างวันที่ 26-28 มีนาคม 2557 เพื่อรับฟังข้อเสนอแนะจากอาจารย์และนักวิจัยจากหน่วยงานและสถาบันการศึกษาอื่น ๆ เพื่อนำมาใช้ปรับปรุงชุดฝึกปฏิบัติการ โดยระหว่างการนำเสนอผลงานผู้เชี่ยวชาญได้เสนอแนะให้มีการเปรียบเทียบการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการร่วมกับชุดฝึกปฏิบัติการเดิม จัดทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเพิ่มการทดลองที่เกี่ยวข้องกับเครื่องมือวัดและการคำนวณต่าง ๆ ที่มีความแม่นยำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
Copyright © by Rajamangala University of Technology Rattanakosin
All rights reserved

ภาพที่ 4-2 การนำเสนอผลงานในการประชุมวิชาการระดับประเทศ

3 การจัดทำโปสเตอร์เผยแพร่ผลงานวิชาการ

ภายหลังจากที่การดำเนินงานต่าง ๆ เสร็จสิ้นผู้วิจัยได้จัดทำโปสเตอร์เพื่อรองรับการผลงานตามวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ต่อไป

ภาพที่ 4-3 โปสเตอร์เผยแพร่ผลงานวิจัย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
Copyright © by Rajamangala University of Technology Rattanakosin
All rights reserved

บทที่ 5
บทสรุป

1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการสื่อสารทางแสงแบบประหยัดสำหรับใช้ประกอบการฝึกภาคปฏิบัติของนักศึกษาระดับปริญญาตรีโดยมุ่งหวังเพื่อการนำมาใช้ร่วมกับชุดฝึกปฏิบัติการอื่น ๆ ในห้องปฏิบัติการสื่อสารทางแสง เป็นการนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้แก่ แหล่งกำเนิดแสง อุปกรณ์ตรวจจับแสง เส้นใยนำแสงชนิดพลาสติกและอุปกรณ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ที่มีราคาถูกและสามารถจัดหาได้โดยง่ายมาพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการสื่อสารทางแสง ผู้ใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการสามารถฝึกฝนทักษะและความเชี่ยวชาญในศาสตร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารทางแสงขั้นพื้นฐานและทักษะการใช้งานวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ผู้ดูแลการฝึกปฏิบัติการสามารถซ่อมแซมหรือเพิ่มเติมชุดฝึกปฏิบัติการได้ง่ายและมีค่าใช้จ่ายไม่มากนักเมื่อเปรียบเทียบกับการจัดซื้อชุดฝึกปฏิบัติการจากบริษัทต่างชาติ

2 อภิปรายผล

ผลการทดสอบการใช้งานโดยนักศึกษาพบว่าชุดฝึกปฏิบัติการนี้สามารถฝึกฝนทักษะด้านการสื่อสารทางแสงแก่นักศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้เรียนสามารถทำความเข้าใจในอุปกรณ์ต่าง ๆ ของการสื่อสารทางแสงได้ในลักษณะเดียวกับการใช้ชุดฝึกปฏิบัติการที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ และยังสามารถฝึกทักษะการใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ได้ ผู้สอนสามารถเพิ่มจำนวนชุดฝึกปฏิบัติการเพื่อให้นักศึกษาได้ใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการอย่างทั่วถึงได้โดยง่ายเพราะว่าอุปกรณ์ที่ใช้งานมีราคาถูก ดังนั้นชุดฝึกปฏิบัติการสื่อสารทางแสงที่พัฒนาขึ้นนี้จึงมีความเหมาะสมในการใช้ในห้องปฏิบัติการสื่อสารทางแสง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร

3 ข้อเสนอแนะ

ควรเพิ่มจำนวนชุดฝึกปฏิบัติการที่ใช้งานเพื่อให้สามารถใช้ทดสอบในการเรียนการสอนได้อย่างสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น และเพิ่มหัวข้อการฝึกปฏิบัติการเพื่อให้ครอบคลุมทฤษฎีต่าง ๆ เกี่ยวกับการสื่อสารทางแสง

Copyright © by Rattanakosin University of Technology Rattanakosin
All rights reserved

บรรณานุกรม

[1] น้ำฝน คูเจริญไพศาล สุรเชษฐ์ หิรัญสถิตย์ และคณะ การพัฒนาชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์เรื่องสารชีวโมเลกุล สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย **วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี** ปีที่ 5 ฉบับที่ 10 หน้า 1-19 กรกฎาคม-ธันวาคม 2556

[2] อธิคม ฤกษบุตร **เส้นใยแก้วและการประยุกต์ใช้งานเบื้องต้น** 2543

[3] Ray Tricker, Optoelectronics and fiber optic technology, 2002

[4] ดุสิต เครืองาม **สิ่งประดิษฐ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ : ฟิสิกส์ เทคโนโลยี และการใช้งาน** สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2542

[5] D.C. O'Brien, L. Zeng, et. al., "Visible light communications: challenge and possibilities," Proc. in PIMRC2008, pp. 1-5, 2008

[6] Z. Xu and B. M. Sadler, "Ultraviolet communications: potential and state-of-the-art," IEEE Communications Magazine, vol. 46, no. 5, pp. 67-73, May 2008.

[7] http://www.rmutphysics.com/charud/howstuffwork/led/thaiLED2.htm

[8] http://www.newport.com/Tutorial-Laser-Diode-Technology/852182/1033/content.aspx

[9] http://techtrill.blogspot.com/2011/04/photo-diode.html

[10] http://www.electronicsweekly.com/blogs/electronics-weekly-blog/2011/05/only-connect-a-guide-to-fiber-optics.html

[11] http://www.es.co.th

[12] http://thailand.rs-online.com/

[13] http://th.element14.com/

[14] http://www.interlink.co.th

[15] http://photonics.ld-didactic.de/

[16] http://www.lambdasys.com

[17] http://www.i-fiberoptics.com

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
Copyright © by Rajamangala University of Technology Rattanakosin
All rights reserved

ภาคผนวก ก
บทความวิชาการที่นำเสนอในการประชุมวิชาการ EENET 2014

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
Copyright © by Rajamangala University of Technology Rattanakosin
All rights reserved

ภาคผนวก ข
เอกสารประกอบชุดฝึกปฏิบัติการสื่อสารทางแสง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
Copyright © by Rajamangala University of Technology Rattanakosin
All rights reserved

ประวัติผู้วิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล นายดิสพล ฉ่ำเฉียวกุล

2. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

3. หน่วยงานที่สามารถติดต่อได้

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ พื้นที่ศาลายา
96 หมู่ 3 ถนนพุทธมณฑล สาย 5 ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล
จังหวัดนครปฐม 73170
หมายเลขโทรศัพท์ 02 8894 585-7 ต่อ 2631
E-Mail ditsapon.chu@rmutr.ac.th

4. ประวัติการศึกษา

- วศ.ม.สารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- วศ.บ. ไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

5. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ

- การสื่อสารไร้สาย (Wireless communications)
- การประมวลผลสัญญาณ (Signal processing)
- การสื่อสารทางแสง (Optical communications)

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัย

- หัวหน้าโครงการวิจัย “การพัฒนาชุดปฏิบัติการทดลองด้านวิศวกรรมโทรคมนาคมด้วยระบบสื่อสารแบบ Software-Defined radio” ซึ่งได้รับการสนับสนุนการวิจัยจากเงินรายได้ประจำปี พ.ศ. 2556 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
Copyright © by Rajamangala University of Technology Rattanakosin
All rights reserved